



**DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE BRIÓFITOS EN UN BOSQUE
HÚMEDO TROPICAL DE LA RESERVA FORESTAL BUENAVISTA,
VILLAVICENCIO-META**

YEISON JAROC LOMBO SÁNCHEZ

KAREN YULIANA SUAREZ CONTENTO

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
2018**

**DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE BRIÓFITOS EN UN BOSQUE
HÚMEDO TROPICAL DE LA RESERVA FORESTAL BUENAVISTA,
VILLAVICENCIO-META**

YEISON JAROC LOMBO SÁNCHEZ

KAREN YULIANA SUAREZ CONTENTO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

Directora:

M.Sc. Mónica Medina Merchán.

Codirector:

M.Sc. Wilson Ricardo Álvaro Alba

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA
PROGRAMA DE BIOLOGIA
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
2018**

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, valores, comprensión y paciencia durante toda nuestra carrera y por brindarnos motivación constante durante el proceso de desarrollo de este trabajo.

A los Profesores Mónica Medina Merchán y Wilson Ricardo Álvaro Alba por su paciencia y dedicación. Gracias por su apoyo y motivación durante este proceso.

Agradecemos a la Universidad de los Llanos y a los profesores que tuvimos durante nuestros estudios de pregrado, por haber aportado en nuestra formación profesional.

A la Universidad de los Llanos, al Herbario LLANOS y al Laboratorio de Biología por el acceso a las instalaciones y préstamo de equipos utilizados en las fases de campo y laboratorio.

A la Profesora y directora del Herbario LLANOS, Luz Stella Suárez por sus enseñanzas, apoyo durante nuestras carreras y durante el desarrollo de nuestro trabajo. A Don Gonzalo Herrera auxiliar del Herbario por su amabilidad y la ayuda incondicional durante la estadía en el herbario LLANOS.

A Bienestar Universitario y al Grupo de estudio Flora de la Orinoquia por el apoyo brindado en la realización de cursos y eventos que fueron la base y de gran importancia para la realización de este trabajo.

Al director del Programa de Biología Jorge Pachón, por su interés y compromiso durante toda nuestra carrera y durante el proceso de desarrollo de este trabajo. También por la gestión de los equipos de escalada para el muestreo de los briófitos epífitos.

A los especialistas que nos brindaron su colaboración en el proceso de corroboración del material vegetal: Dra. Anna Ilkiv-Borges, PhD. Denilson Peralta, Dra. Elena Reiner-Drehwald, Dr. Jaime Uribe, Dr. Robbert Gradstein, Dr. Tamas Pócs y Msc. Wilson Ricardo Álvaro Alba.

A las Profesoras Luz Mila Quiñones Méndez, Luz Stella Suárez Suárez y Mónica Medina Merchán por la determinación taxonómicas de los árboles.

A la Secretaría de ambiente del Meta por el permiso y acceso otorgado en los predios.

A la profesora Gloria Victoria Castro Rojas por sus enseñanzas y aportes en el conocimiento de los briófitos.

Al profesor Daniel Galindo, Jorge Astwood y Jesús Vásquez por su colaboración en la fase de análisis de datos.

A Ana María Bermúdez, Natalia Álvarez, Laura Suarez y Miguel Cortez por su apoyo durante la fase de campo. A nuestros amigos Jorge Astwood y Rafael Beltrán por su amistad y por brindarnos valiosos consejos.

A la fundación Cromatophora y a Camilo Martínez por sus aportes y enseñanzas durante la realización del curso de ascenso a dosel.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: Informe Final	5
CAPÍTULO 2: Artículo Científico	69

CAPÍTULO 1:
INFORME FINAL

RESUMEN

Los briófitos son de gran importancia a nivel biológico ya que prestan una variedad de servicios ecosistémicos, actúan como indicadores de contaminación atmosférica, además pueden absorber agua y minerales que los convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica. Sin embargo a pesar de la importancia ecológica, en la Orinoquia Colombiana los estudios sobre los briófitos son escasos debido a la falta de muestreo. Con el fin de establecer la distribución vertical de briófitos epífitos en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Buenavista se realizó un análisis de la distribución vertical siguiendo la metodología propuesta por Gradstein *et al.*, (2003), cada árbol se dividió en cinco zonas verticales según Johansson (1974). Se muestrearon 7 árboles y se realizaron 348 levantamientos en los cuales se obtuvo el registro de 1048 briófitos, donde el 53% corresponde a hepáticas y el 47% pertenece a musgos. Se identificaron en total 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), donde hay dos reportes nuevos para Colombia perteneciente a la familia Lejeuneaceae (*Cololejeunea jamesii* (Austin) M.E. Reiner y Pócs y *Lejeunea aphanes* Spruce), 14 reportes nuevos para la región de la Orinoquia y 17 para el departamento del Meta. Para este trabajo se concluyó que en el bosque húmedo tropical se evidenció una clara diferenciación en la composición de las comunidades de briófitos epífitos a través del gradiente vertical, siendo así, la zona 1 según Johansson (1974) la que registró mayor diversidad y la zona 5 la que presentó menor diversidad.

Palabras clave: Briófitos epífitos, distribución vertical, composición, Meta.

ABSTRACT

Bryophytes are of great importance at a biological level because they can provide a variety of ecosystem services, act as indicators of atmospheric pollution, and also they can absorb water and minerals what make them important regulators of water availability. However, despite the ecological importance, in the Colombian Orinoquia, studies on bryophytes are due to the lack of sampling. In order to establish the vertical distribution of epiphytic bryophytes in a humid tropical forest of the Buenavista Forest Reserve, an analysis of the vertical distribution was carried out following the methodology proposed by Gradstein et al. (2003), each tree was divided into five vertical zones according to Johansson (1974). Seven trees were sampled and 348 uprisings were made, in which 1048 records of bryophytes were collected, where 53% correspond to liverworts and 47% belong to mosses. A total of 34 species of epiphytic bryophytes (12 mosses, 22 hepatics) were identified, where there is a two news reports for Colombia, which belongs to the Lejeuneaceae family (*Cololejeunea jamesii* (Austin) ME Reiner and Pócs and *Lejeunea aphanes* Spruce), 14 new reports for the Orinoquia region and 17 for the department of Meta. It was concluded that in the tropical humid forest there was a clear differentiation in the composition of the epiphytic bryophyte communities through the vertical gradient, being the zone 1 according to Johansson (1974) the one with the greatest diversity and the zone 5 the one with less diversity.

Keywords: Epiphytic bryophytes, vertical distribution, composition, Meta.

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1. Generalidades de los briófitos.....	17
4.2. Importancia de los briófitos.	18
4.3. Los briofitos de la Orinoquia Colombiana.	18
4.4. Antecedentes.....	18
5. METODOLOGIA.....	23
5.1. ÁREA DE ESTUDIO	23
5.2. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.2.1. Revisión bibliográfica.....	24
5.2.2. Fase de campo.....	24
5.2.3. Fase de laboratorio.....	27
5.2.4. Análisis de datos.....	27
6. RESULTADOS	30
6.1. COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.	30
6.1.1. Riqueza.....	30
6.2. DISTRIBUCIÓN VERTICAL.	32
6.2.1. Riqueza de especies por zona.....	32
6.2.2. Riqueza de especies por Ubicación (Punto cardinal).	33
6.2.3. Índices de Diversidad alfa.	34
6.2.4. Análisis de clúster para zonas (índice beta de Jaccard).	35
6.2.5. Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).	37
6.2.6. Análisis de correspondencia	39
6.3. NUEVOS REPORTE.....	40
7. DISCUSIÓN.....	42
7.1. COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.	42
7.1.1. Riqueza.....	42

7.1.2.	Curva de acumulación de especies.	43
7.2.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL.	43
7.2.1.	Riqueza de especies por zona.	43
7.2.2.	Riqueza de especies por Ubicación (Punto cardinal).	45
7.2.3.	Análisis de clúster para zonas (índice beta de Jaccard).	46
7.2.4.	Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).	46
8.	CONCLUSIONES.....	47
9.	RECOMENDACIONES	49
10.	BILIOGRAFIA.	50
11.	ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ascenso a dosel de los árboles.	25
Figura 2.	Zonas Johansson (1974).	26
Figura 3.	Toma de muestras.	27
Figura 4.	Curva de acumulación de especies de briófitos epífitos medidos en siete árboles.	31
Figura 5.	Número de especies por grupo para cada zona.	33
Figura 6.	Dendrograma para zonas según ausencia-presencia de especies.	37
Figura 7.	Dendrograma para ubicación según ausencia-presencia de especies.	38
Figura 8.	Análisis de correspondencia.	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especies de árboles con los datos geográficos, altura y DAP.	25
Tabla 2. Registro por Familia, Género y Especie.	30
Tabla 3. Número de especies y registro por árbol.	32
Tabla 4. Distribución de las especies en las zonas Johansson (1974).	33
Tabla 5. Riqueza de briófitos epífitos por ubicación en los árboles.	35
Tabla 6. Índices de diversidad de los briófitos epífitos en las zonas Johansson (1974).	35
Tabla 7. Frecuencia de especies por zona Johansson (1974).	36
Tabla 8. Índice de Jaccard para las zonas Johansson (1974).	37
Tabla 9. Índice de Jaccard para las ubicaciones.	39
Tabla 10. Nuevos registros.	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa Ubicación Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque	58
Anexo 2. Mapa Ubicación del Jardín Botánico de Villavicencio- Meta.	59
Anexo 3. Presencia-Ausencia por Árboles	60
Anexo 4. Presencia-Ausencia por Zonas Johansson (1974)	61
Anexo 5. Presencia-Ausencia Ubicación	62
Anexo 6. Nombres usados para análisis de correspondencia	63
Anexo 7. Listado de la especies por grupo	64

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La amplia distribución de los briófitos epífitos sobre los árboles es una de las razones que explica la alta diversidad de epífitas en los bosques (Acebey y Krömer, 2001), por esta razón es importante entender los mecanismos de relación entre las especies epífitas y su hospedero para establecer como es la distribución vertical de estas plantas en los bosques. Mota *et al.*, (2009) consideran que la distribución de las especies epífitas dependen de condiciones ambientales como la temperatura, humedad, pH y luz, además de la textura del hospedero y la porosidad de su corteza.

Gil y Morales (2013) evidenciaron que la mayor diversidad de briófitos epífitos se encuentra en la parte basal del tronco debido a condiciones microambientales como la baja cantidad de luz y la alta humedad, mientras que Ruiz y Aguirre (2004), Goda (2009a) y Mota *et al.*, (2009) encontraron que la zona del dosel inferior tiene los más altos valores de riqueza mientras que la base del tronco tiene los valores más bajos. Wolf (1995) analizó el desarrollo estructural de las comunidades de briófitos en las zonas altas de los árboles encontrando que hay más riqueza en la copa exterior de los árboles. Estos estudios demuestran que las preferencias en la distribución de los briófitos epífitos han sido difíciles de estimar ya que dependen de la estructura y las condiciones ambientales de los bosques en los que habitan (Mota *et al.*, 2009).

En la Orinoquia Colombiana los briófitos han sido poco estudiados y subestimados debido a su pequeño tamaño, al desconocimiento de su importancia ecológica y a las dificultades de muestrear en el dosel del bosque (Gradstein *et al.*, 2003). En esta región no se tiene información sobre la distribución de las especies de briófitos epífitos en un gradiente vertical ya que la mayoría de los estudios que se han realizado no incluyen el dosel de los árboles (Gradstein *et al.*, 2001; Romanski *et al.*, 2011).

De acuerdo con lo anterior la pregunta que direccionó esta propuesta de investigación es: ¿Cómo se distribuyen las especies de briófitos en el gradiente vertical en la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Establecer la distribución vertical de briófitos epífitos en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta

2.2. Objetivos específicos

- Analizar la diversidad alfa y beta de los briófitos presentes en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta.
- Definir la zona de mayor riqueza de briófitos en los árboles de un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta.

3. JUSTIFICACIÓN

En la región de la Orinoquia se ha evidenciado una constante degradación y transformación del paisaje producida por la deforestación causada por la expansión urbana, agrícola, ganadera y por la sobreexplotación de los recursos naturales (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena y Fundación Biocolombia SAy S., 2012). Todo esto conlleva a la pérdida de cobertura boscosa, de biodiversidad, a la disminución de la oferta de servicios ecosistémicos y a la alteración en la dinámica de los ecosistemas (Meli, 2003). Esta situación conlleva a una alteración en las poblaciones de briófitos ya que su estado de conservación se ve ligado al grado de amenaza de las coberturas vegetales sobre las cuales se establecen (Aguirre y Rangel, 2007). Algunos autores como Uribe y Gradstein (1999), Fotosíntesis (2012) Morales *et al.*, (2012) y Rincón *et al.*, (2014) han realizado estudios de las especies de briófitos que aportan datos preliminares sobre su diversidad en la región de la Orinoquia. Uribe y Gradstein (1999) y Rincón *et al.*, (2014) recomiendan realizar más exploraciones biológicas a varias localidades con formaciones vegetales boscosas y así incrementar los datos de riqueza para la Orinoquia Colombiana.

Teniendo en cuenta la pérdida de diversidad y la falta de información sobre las comunidades de briófitos, este proyecto de investigación pretende establecer la distribución vertical de briófitos epífitos en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta para realizar aportes al conocimiento sobre la diversidad y ecología de los briófitos en la Orinoquia Colombiana.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Generalidades de los briófitos.

Los briófitos son plantas que comprenden tres grupos: Anthocerotophyta (Antoceros) Marchantiophyta (Hepáticas) y Bryophyta (Musgos) (Gradstein *et al.*, 2001a); se caracterizan por presentar una anatomía simple, esporofito sencillo que permanece unido al gametofito durante la mayoría de su ciclo biológico (Pérez *et al.*, 2011). En los briófitos el número de especies a nivel mundial varía entre los 13.000 y 20.000 siendo el segundo grupo de plantas terrestres más diverso después de las Angiospermas (Pérez *et al.*, 2011). Para Colombia Bernal *et al.*, (2015) en el catálogo de plantas y líquenes de Colombia reporta 932 musgos, 704 hepáticas y 13 antoceros.

Las hepáticas crecen sobre gran variedad de sustratos: rocas, barrancos, suelo, troncos, ramas y hojas de los árboles, se dividen en dos grandes grupos de acuerdo a la morfología externa de sus gametofitos, unas son talosas y otras foliosas (Campos *et al.*, 2008). En las hepáticas talosas, el gametofito está formado por un talo plano, dorsi-ventral, de color verde, que ocasionalmente puede presentar una costa, rizoides y poros, este talo puede ser muy grueso o muy delgado. En las hepáticas foliosas el gametofito está formado por un tallo (caulidio) y unas estructuras laminares en forma de pequeñas hojas a ambos lados del tallo (filidios), pueden ser simples o bilobadas y en el lado ventral del caulidio pueden tener una tercera hilera de filidios llamados anfigastros y rizoides con los cuales se adhieren al sustrato (Campos *et al.*, 2008).

Los musgos son de amplia distribución y se encuentran en todos los ambientes, presentan un amplio rango de altitudinal, pero se evidencia una mayor diversidad en las zonas en donde los ambientes presentan una alta humedad (Bolaños *et al.*, 2009). Presentan dos estructuras, la primera es el gametofito (la generación dominante) y la segunda es el esporófito (la generación que produce y libera las esporas). El gametofito presenta caulidio y filidios (Medina, 2014) que normalmente se disponen en espiral, aunque hay algunos géneros que presentan una complanación secundaria, además los filidios tienen una mayor diferenciación histológica en los musgos. El esporofito es el que llega a alcanzar mayor complejidad, consiste en un filamento o seta y una capsula que puede presentar distintos mecanismos para controlar la dispersión de las esporas (Medina, 2014).

4.2. Importancia de los briófitos.

Los briófitos cumplen funciones ecológicas importantes que los convierten en un componente significativo a nivel ecológico en los bosques, por ejemplo se encargan de mantener el equilibrio ecosistémico (Churchill y Linares, 1995), actúan como indicadores de franjas altitudinales, de contaminación atmosférica y bioacumuladores (Brown, 1982; Glime y Keen, 1984), también poseen la capacidad de absorber agua y minerales que los convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica (Pérez *et al.*, 2011). Los briófitos cumplen funciones de interacción animal ya que forman microhabitats para pequeños invertebrados, sirven como material de construcción de nidos y madrigueras y como cama de semilla de otras plantas (Gerson, 1982; Calvelo *et al.*, 2006).

4.3. Los briofitos de la Orinoquia Colombiana.

En la Orinoquia Colombiana Rincón *et al.*, (2014) realizan una recopilación preliminar de los musgos presentes a partir de una revisión de información, en este estudio se encontraron registros de 86 especies de musgos que corresponden al 8% del total de especies registradas para el país. Para las hepáticas Uribe y Gradstein (1999) publicaron el “Estado del Conocimiento de la Flora de Hepáticas de Colombia” en donde reportaron 177 especies en la región de la Orinoquia, el departamento con mayor número de especies es el Meta con 119 seguido por Arauca con 33 especies, Casanare con 25 y Vichada sin ningún registro. Los antoceros no han sido estudiados en esta región.

4.4. Antecedentes.

Cornelissen y Steege (1989) realizaron un estudio sobre briófitos epífitos en árboles maduros en un bosque lluvioso de tierras bajas en Guyana. Se enfocaron en la distribución vertical, preferencias de hospederos y composición de la comunidad. En este estudio se muestrearon 11 árboles de dos especies, cada árbol se dividió esquemáticamente en seis zonas según Johansson (1974). Se encontraron 81 especies de briófitos de las cuales 28 pertenecen a musgos y 53 especies a hepáticas. Los resultados muestran que los musgos son comunes en la base del tronco y que las hepáticas cubren la mayoría de las ramas gruesas del dosel inferior y también gran parte de tronco superior. Concluyen que en los briófitos se han encontrado patrones claros de distribución vertical, relaciones entre huésped y las comunidades epífitas, además que las ocurrencias de las especies en las diferentes zonas están relacionadas con la luz y la humedad atmosférica, esto hace que las preferencias de las especies para el estudio

sean más altas en las zonas del tronco en comparación de las zonas del dosel.

Goda (2009a) analizó los patrones de riqueza y composición de especies a lo largo del gradiente vertical en los bosques primarios de Sulawesi Indonesia, se seleccionaron cuatro sitios de muestreo, para cada uno se tomaron dos árboles de sotobosque y dos árboles de dosel, separados por 15 m de distancia, los árboles del sotobosque eran 3-6.5 m de altura y los del dosel eran de 30-45 m de altura, la corteza de todos los árboles seleccionados era de una textura suave. En cada árbol se utilizaron parcelas de 200 cm² colocados en cada dirección cardinal en seis zonas de altura para los árboles del dosel maduros zonas Z1, Z2a, Z2B, Z3, Z4 y Z5 según Johansson (1974) y en tres unidades en los árboles del sotobosque U1 = tronco desde la base hasta la primera ramificación, U2 = corona interior, U3 = corona exterior. Se registraron 175 especies, que incluye 98 hepáticas y 77 musgos. De los cuales 85 especies o el 73% de la riqueza de especies fueron encontrados en los árboles del sotobosque y 155 especies o 86% de la riqueza estimada total fue encontrada en los árboles del dosel. La zona 3 obtuvo los valores de riqueza más altos en comparación con la zona 1.

Goda (2009b) realiza un estudio de la composición y la riqueza de especies de briófitos epífitos en los bosques tropicales naturales y agro bosques de cacao en la isla de Sulawesi Indonesia con el objetivo de analizar la importancia del microclima como indicador de las diferencias en las especies de briófitos epífitos. Para llevar a cabo el estudio se tuvieron en cuenta tres tipos de hábitat diferentes: bosque natural, agro bosque con sombra natural y agro bosque con sombra de bosques plantados. Se escogieron árboles en cada sitio de muestro en donde se realizaron parcelas de 200 cm² ubicadas en las cuatro direcciones cardinales, estas parcelas se tomaron en tres zonas de cada árbol: tronco (desde la base hasta la primera ramificación), corona interior y corona exterior. Se registraron 119 especies, 63 hepáticas y 56 musgos. En cuanto a la composición de especies se encontraron que 48 son exclusivas en bosque natural, 14 exclusivas para los bosques de sombra plantados y 7 especies para bosques bajo sombra natural, por último, se encontraron 35 especies que compartían los tres sitios de muestreo. De este estudio se concluye que la conversión de bosques naturales sistemas agro-forestales de cacao puede no conducir a la disminución de las especies de briófitos epífitos, pero puede dar lugar a cambios considerables en la composición de especies.

Mota *et al.*, (2009) realizaron un estudio sobre el ensamblaje de nicho de las comunidades de briófitos epífitos en la Guayana. Se tomaron en cuenta 54 árboles ubicados en 3

bosques de tierras bajas, 1 en la Guayana francesa y 2 en la Guyana, teniendo en cuenta las zonas propuestas por Cornelissen y ter Steege (1989), se encontraron 155 especies distribuidas en 83 géneros y 27 familias, siendo Lejeuneaceae la familia dominante con 62 especies. En este estudio Mota *et al.*, (2009) evidencian que en las tres áreas de estudio más de la mitad de las especies encontradas tienen preferencia por las zonas altas de los árboles, posiblemente influenciadas por las condiciones ambientales que son más fuertes en dichas zonas del árbol.

Romanski *et al.*, (2011) llevaron a cabo un estudio sobre diversidad de epífitas no vasculares en el bosque Montano bajo en el Parque Nacional Yanachaga-Chemillén en Perú, se Realizaron los muestreos sobre un árbol perteneciente al género *Weinmannia* L. desde la base hasta el dosel teniendo en cuenta las zonas propuestas por Johansson (1974). Se encontraron 110 especies 77 hepáticas, 32 musgos y 1 antocero, de los cuales 14 hepáticas y 2 musgos son registros nuevos para el Perú. Se evidenció una alta riqueza de especies dominada por la familia Lejeuneaceae en la zona del dosel intermedio del árbol posiblemente influenciada por la alta radiación lumínica.

Mota y Steege (2013), realizaron un estudio de las comunidades de briófitos epífitos en los bosques de tierra firme de la región amazónica, el muestreo se llevó a cabo en nueve localidades (Caxiuana, Brasil; Saul, Guyana Francesa; Mabura Mora, Guyana; Mabura Wallaba, Guyana; Bosque Nacional del Tapajos, Reserva Ducke, Brazil; Provincia Petrolífera de Urucu, Brazil; Parque Nacional del Pico de la Niebla, Brazil; Estación de Biodiversidad Tiputini, Ecuador), donde colectaron briófitos en cinco zonas de altura, desde la base del árbol hasta el dosel por cada localidad. Registraron 222 especies y 39 morfoespecies en 29 familias. La brioflora mostro más riqueza en las localidades de Saul, en la Guayana Francesa, y Tiputini, en Ecuador, que en las otras localidades, probablemente debido a las diferencias en las condiciones climáticas locales. Entre las 155 especies registradas 57 fueron clasificadas como especialistas, para el dosel encontraron 29 especies, lo que refuerza la importancia del muestreo del dosel para el estudio de los briófitos epífitos en la Amazonia.

Para Colombia Wolf (1995) analizó el desarrollo estructural de las comunidades de briófitos epífitos en un bosque pluvial montano tropical en la cordillera central de Colombia. Se tomaron muestras de la copa exterior de 21 árboles en los cuales se encontraron 120 especies de briófitos. Se registró una alta riqueza de especies en la copa

exterior de los arboles seguido de las ramas medias del dosel y por último con una baja riqueza de especies en las ramas del dosel interior. La baja riqueza reportada en la zona interna del dosel se debe al establecimiento de especies dominantes que ocupan el 60% del área y no dejan espacio para otras especies.

Ruiz y Aguirre (2004) realizaron un estudio sobre la distribución de la brióflora en el gradiente vertical (suelo-dosel) y la selectividad de hábitats en Tarapacá (Amazonas, Colombia). En este estudio se muestrearon 280 árboles y se realizó un análisis de selectividad de la brióflora por los diferentes tipos de hábitats y la relación con sus formas de crecimiento. Encontraron que el 65% de los briófitos tiene preferencia por los hábitats del dosel y la forma de crecimiento más predominante es la de felpa lisa.

Gil y Morales (2013) evaluaron la distribución vertical de los briófitos en árboles de *Quercus humboldtii* en el Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque (Boyacá - Colombia). Realizaron transectos lineales de 100 m, muestreando 25 árboles desde la base hasta el dosel y teniendo en cuenta las zonas propuestas por Johansson (1974). Como resultado se encontraron en la base del árbol 51 especies, seguida del tronco con 43 especies, en el dosel interno 28, dosel medio 18 y dosel externo con 15, concluyendo así que los briófitos epífitos tienen preferencia por los estratos inferiores de los arboles (base y el tronco).

Campos *et al.*, (2015) realizaron un estudio de los briófitos epífitos en la Amazonia Colombiana muestreando 64 árboles desde la base hasta el dosel, encontraron 160 especies (116 hepáticas y 44 musgos) evidenciando una dominancia de las hepáticas especialmente de la familia Lejeuneaceae.

Campos, (2016) analizó la distribución vertical de las especies en la Amazonía Colombiana en cuatro localidades (Amazonas, Caquetá, Putumayo y Vaupés), estudiando la composición de las especies de las comunidades en seis zonas de los árboles en cuatro bosques. Obtuvo como resultado 160 especies en 2.827 muestras de briófitos epífitos, en las cuales dieciocho especies de hepáticas fueron registros nuevos para Colombia. Encontró que el tronco superior es el que presenta una mayor riqueza con 86 especies, además identificó 63 especies indicadoras de esta zona, la base del tronco obtuvo el mayor número de especies (14). En términos de riqueza de especies hubo diferencias significativas entre las seis zonas de altura, así mismo se evidenció una diferencia gradual de las comunidades tanto del dosel como de la base del árbol. La

estratificación de las comunidades de briófitos en las zonas de altura se repitió en cada uno de los cuatro sitios: Amazonas, Caquetá, Putumayo y Vaupés. La región Amazónica presenta diferencias significativas en su composición de comunidades de briófitos epífitos a través de un gradiente vertical. Con esto se pudo establecer que algunas especies son especialistas en ciertas zonas de los árboles, mostrando especificidad en la base y en el dosel especialmente.

5. METODOLOGIA

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio seleccionada se encuentra dentro de la Reserva Forestal protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, conocida localmente como “Buenavista” localizada en la zona de piedemonte de la cordillera Oriental en el municipio de Villavicencio-Meta (Anexo 1), fue constituida en el año 1945 y ocupa una superficie de 1.213.805 hectáreas, con predominancias de las familias Melastomataceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Euforbiaceae y Moraceae en la reserva.

El área de estudio perteneciente al Jardín Botánico de Villavicencio ocupa 42 hectáreas fue creado en 1983 se encuentra ubicado en el barrio Mesetas dentro de la Reserva Forestal protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque. Limita al nororiente con el Caño Parrado, al occidente y suroriente con el caño Gramalote, al sur oriente con la Granja del INEM y al oriente con terrenos de propiedad de los hermanos de La Salle (Anexo 2). Según la clasificación de Holdridge (1971) el área de muestreo se ubica en bosque húmedo tropical (bh-T). La vegetación presente en el área de muestreo, representa un estado sucesional incipiente (Bosque secundario), que demuestra el alto grado de intervención antrópica que se presentó en el pasado y que actualmente ocurre, debido a la presión ejercida por habitantes de los barrios circunvecinos que entran sin ningún tipo de control realizan aprovechamiento selectivo de especies valiosas para comercialización y uso doméstico.

Del área total del Jardín botánico el 33%, está conformado por bosque abierto, con presencia de pocas especies fustales desarrollados. El 30.3% corresponde a un bosque de tipo semidenso, el cual posee un grado menor de intervención al anterior. El 26.5% corresponde a bosque de dosel cerrado, denso, de poca intervención, el 6.8% corresponde a pastos, el 19% a bosque plantado de eucaliptos y pinos, el 0,9% a cultivos de Heliconias y el 0,6% a cultivos frutales. Los levantamientos se realizaron en el bosque de tipo semidenso donde las familias predominantes son: Arecaceae, Cesalpiniaceae, Melastomataceae, Mimosaceae y Rubiaceae. La vegetación tiene una altura promedio entre los 11 y 14 m de altura y un diámetro promedio de 30 cm. (Carbajal *et al.*, 2006).

Villavicencio cuenta con un régimen de precipitación monomodal. Los meses de diciembre (156.2 mm), enero (63.9 mm), febrero (116 mm) y marzo (226.7 mm) representan la

época seca. La humedad relativa varía entre 69 % y 83% siendo ésta máxima en los meses de junio y julio con valores de 83% y mínima en el mes de febrero con 66%. La temperatura media mensual es de 25.25 °C con máximas mensuales medias de 29.83 °C y mínimas mensuales medias de 13.09 °C (Carbajal *et al.*, 2006).

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1. Revisión bibliográfica.

Se realizó una búsqueda bibliográfica, en libros y artículos publicados en bases de datos y revistas de divulgación científica. Estos permitieron obtener información ecológica, taxonómica y biológica de los briófitos epífitos

5.2.2. Fase de campo

Los muestreos se realizaron de acuerdo a la metodología propuesta por Gradstein *et al.*, (2003). Se delimitó una hectárea de bosque y se seleccionaron 7 árboles de especies diferentes (Tabla 1) pertenecientes a las familias Anacardiaceae, Araliaceae, Clusiaceae Euphorbiaceae, Fabaceae y Primulaceae que estaban separados por una distancia mínima de 25 metros. Se seleccionaron árboles con las siguientes características: árboles en buen estado fitosanitario, con DAP entre 30 y 89 cm, de altura promedio de 30 m. Para obtener una aproximación más acertada de la diversidad de los briófitos epífitos se requirió el muestreo de árboles desde la base hasta el dosel (Gradstein, *et al.*, 2003), para el ascenso a dosel se utilizó la técnica de la cuerda sola, usando cuerdas y equipos modificados de alpinismo (Perry, 1978) (Figura 1) en donde cada árbol se subdividió en cinco zonas verticales según Johansson (1974) (Figura 2), para muestrear la zona 5 se cortaron ramas delgadas del dosel y se bajaron cuidadosamente al suelo para tomar las muestras (Steege y Cornelissen, 1988; Cornelissen y Steege 1989; Gehrig *et al.*, 2013).



Figura 1. Ascenso a dosel de los árboles.

Tabla 1. Especies de árboles con los datos geográficos, altura y DAP.

No.	Especie	Coordenadas	Altitud	Altura (m)	DAP (cm)
1	<i>Cybianthus</i> cf. <i>idroboi</i> Pipoly	4°9'13,9" N, 73°39'18,1" W	655 m.	27	30
2	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	4°9'12,5" N, 73°39'16,9" W	652 m.	31	50
3	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	4°9'10,4" N, 73°39'15,9" W	658 m.	30	45
4	<i>Stylogyne</i> cf. <i>turbacensis</i> (Kunth) Mez	4°9'08,1" N, 73°39'14,5" W	648 m.	29	46
5	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	4°9'09,1" N, 73°39'11,3" W	645 m.	32	54
6	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	4°9'10,2" N, 73°39'19,0" W	655 m.	35	43
7	<i>Piptadenia flava</i> (DC.) Benth.	4°9'09,8" N, 73°39'12,4" W	670 m.	40	89

Las Zonas Johansson (1974) se han utilizado en la investigación de las epífitas vasculares y no vasculares y permiten obtener un enfoque útil para el análisis de la diversificación vertical de las comunidades de epífitas; además, esta metodología permitió tener una aproximación a la diversidad de briófitos pues se ha tenido conocimiento que el 50% de las especies de briófitos pueden estar restringidas al dosel (Gradstein, 1992, Gradstein *et al.*, 2001). Las zonas Johansson (1974) están divididas de la siguiente manera (Figura 2):

- **Zona 1 (base):** parte basal del tronco (0-2 m de altura).
- **Zona 2 (tronco):** tronco hasta la primera ramificación y excluyendo ramas aisladas que se originan en la zona del tronco. La zona 2 se subdivide en: Zona 2a: parte inferior del tronco y Zona 2b: parte superior del tronco
- **Zona 3 (dosel intermedio):** parte basal de las grandes ramas, hasta la segunda ramificación (alrededor de un tercio de la longitud total de rama)
- **Zona 4 (dosel medio):** segundo tercio de la longitud de las ramas.
- **Zona 5 (dosel externo):** tercio externo de la longitud de la rama.

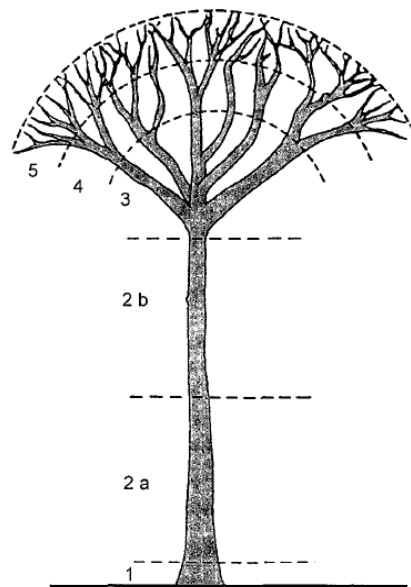


Figura 2. Zonas Johansson (1974).

La diversidad de especies de briófitos epífitos se obtuvo mediante el análisis de pequeñas áreas dentro de cada zona Johansson (1974). Las áreas en zonas 1-3 fueron de 30 cm x 20 cm colocados al azar en cada dirección cardinal (N, W, S, E) y en las zonas 4-5 fueron de 60 cm de longitud, ubicadas dos en la parte inferior de la rama y tres en la superior (Holz *et al.*, 2001).

No se tomaron medidas de abundancia, debido a la imposibilidad de separar individuos para la mayoría de las especies y a la variación intrínseca en el tamaño de la planta. Para cuantificar la abundancia de la comunidad del conjunto de datos completo y la curva de acumulación, se utilizó la frecuencia como un sustituto de la abundancia teniendo en cuenta el número de parcelas por árbol en que se registró cada especie (Mota y Steege, 2013; Campos, 2016).



Figura 3. Toma de muestras.

La colecta de briófitos se hizo teniendo en cuenta la metodología propuesta por Shevock *et al.*, (2014) (Figura 3). Las colectas se encuentran bajo los permisos autorizados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA (Resolución 1313 del 16 de octubre de 2015) bajo la numeración de Mónica Medina Merchán (M. Medina-Merchán).

5.2.3. Fase de laboratorio.

Todos los ejemplares colectados se sometieron a un proceso de secado y etiquetado. Posteriormente se determinaron taxonómicamente a las categorías de familia, género y/o especie en el Herbario LLANOS, mediante la utilización de claves taxonómicas (Schuster, 1967; Schuster, 1980; Reese, 1993; Gradstein, 1994; Churchill y Linares, 1995; Dauphin, 2003; Pursell, 2007; Costa, 2008; Gradstein y Uribe, 2011; Gradstein, 2016) literatura especializada y la consulta de especialistas para cada grupo, posteriormente las colecciones fueron depositadas en el Herbario LLANOS.

5.2.4. Análisis de datos.

A partir de esta información registrada se realizaron tablas y graficas que muestran el número de especies por familia y género para cada zona Johansson (1974) con el fin de hacer comparaciones y determinar las zonas con mayor riqueza de briófitos.

Se construyó una curva de acumulación de especies con los estimadores ICE, Chao 1, Chao 2, Bootstrap, Jack 1, Uniques y Dupliques donde se evaluó el número total de las especies que se encontraron en el área de estudio con respecto a la unidad de muestreo, (Villareal *et al.*, 2004), lo que en este caso corresponde al número de especies por levantamiento. La curva de acumulación de especies fue realizada en el software EstimateS 9.1.0 (Figura 4).

Se aplicaron los índices de riqueza específica de Margalef (DMg), índices de equidad Shannon-Wiener (H') y Pielou; Índices de dominancia Simpson (1-D) y Berger-Parker (d) y

el índice de similaridad de Jaccard en el programa EstimateS 9.1.0. (Villareal *et al.*, 2004, Moreno, 2001).

Índice de diversidad de Margalef (DMg) que relaciona el número de especies de acuerdo con número total de individuos. El valor de este Índice se determinó usando la fórmula. (Villareal *et al.*, 2004, Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

$$DMg(\text{Real}) = \frac{D_{Mg}}{\text{Maximo } D_{Mg}}$$

Dónde:

$$\text{Maximo } D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln S}$$

- **Índice de Shannon-Wiener.** Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Según Magurran (1988) los valores menores a 1.5 indican una zona poca diversa, de 1.5 a 3.5 diversa, mayor a 3.5 es muy diversa

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Equidad de Pielou. Es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado. Varía entre cero (0) y 0.1, donde adquiere el valor de 0.1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia (Villareal *et al.*, 2004 y Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde

$$H'_{max} = \ln(S)$$

Índice de Simpson. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como 1-D y adquiere valores de 0 a 1. (Villareal *et al.*, 2004 y Moreno, 2001).

$$Simpson\ 1 - D = \sum \frac{(ni(ni - 1))}{(N(N - 1))}$$

ni = número de individuos en la i esima especie

N = número total de individuos en la muestra

- **Índice de Berger-Parker.** Un incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia (Magurran, 1988). Establece un valor de 0 a 1.

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde

N_{max} es el número de individuos en la especie más abundante.

Se realizó un análisis clúster para determinar la relación entre las zonas y las ubicaciones según la ausencia-presencia de las especies usando el índice de Jaccard, para esto se utilizó el programa estadístico PAST (Versión 3.0). Se realizó un análisis de correspondencia simple usando las zonas del árbol establecidas por Johansson (1974) y la frecuencia de las especies en cada árbol usando el programa estadístico PAST (Versión 3.0). (Villareal *et al.*, 2004 y Moreno, 2001).

6. RESULTADOS

6.1. COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.

6.1.1. Riqueza.

En los 7 árboles muestreados se realizaron 348 levantamientos en los cuales se registraron 1048 briófitos (Figura 4), donde el 53% corresponde a hepáticas y el 47% pertenece a musgos (Tabla 2). Se registran 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), pertenecientes a 14 familias y 26 géneros.

Tabla 2. Registro de las familias, géneros y especies.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Calymperaceae	<i>Syrrhopodon</i>	<i>Syrrhopodon africanus</i> (Mitt.) Paris
		<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i> Dozy y Molk.
		<i>Syrrhopodon ligulatus</i> Mont.
		<i>Syrrhopodon prolifer</i> Schwägr.
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia</i>	<i>Calypogeia lechleri</i> (Steph.) Steph.
Dicranaceae	<i>Campylopus</i>	<i>Campylopus</i> sp
	<i>Leucobryum</i>	<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex Müll. Hal.
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i>	<i>Fissidens guianensis</i> Mont.
Frullaniaceae	<i>Frullania</i>	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi
		<i>Frullania caulisequa</i> (Nees) Nees
Hypnaceae	<i>Rhacopilopsis</i>	<i>Rhacopilopsis trinitensis</i> (Müll. Hal.) E. Britton y Dixon
Lejeuneaceae	<i>Acrolejeunea</i>	<i>Acrolejeunea torulosa</i> (Lehm. y Lindenb.) Schiffn.
	<i>Ceratolejeunea</i>	<i>Ceratolejeunea cornuta</i> (Lindenb.) Steph.
		<i>Ceratolejeunea cubensis</i> (Mont.) Schiffn.
	<i>Cheilolejeunea</i>	<i>Cheilolejeunea rigidula</i> (Nees ex Mont.) R.M. Schust.
		<i>Cheilolejeunea trifaria</i> (Reinw., Blume y Nees) Mizut.
	<i>Cololejeunea</i>	<i>Cololejeunea jamesii</i> (Austin) M.E. Reiner y Pócs.
	<i>Harpalejeunea</i>	<i>Harpalejeunea stricta</i> (Lindenb. y Gottsche) Steph.
	<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees
		<i>Lejeunea aphanes</i> Spruce.
	<i>Microlejeunea</i>	<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Steph.
Lepidoziaceae	<i>Schiffneriolejeunea</i>	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i> (Nees) Gradst.
	<i>Symbiezidium</i>	<i>Symbiezidium barbiflarum</i> (Lindenb. y Gottsche) A. Evans
Lepidoziaceae	<i>Telaranea</i>	<i>Telaranea nematodes</i> (Gottsche ex Austin) M. Howe
Leucomiaceae	<i>Leucomium</i>	<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt.
Lophocoleaceae	<i>Kymatocalyx</i>	<i>Kymatocalyx dominicensis</i> (Spruce) Váňa
	<i>Leptoscyphus</i>	<i>Leptoscyphus porphyrius</i> (Nees) Grolle
	<i>Lophocolea</i>	<i>Lophocolea liebmannaiana</i> Gottsche
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i>	<i>Metzgeria ciliata</i> Raddi
Octoblepharaceae	<i>Octoblepharum</i>	<i>Octoblepharum pulvinatum</i> (Dozy y Molk.) Mitt.
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i>	<i>Plagiochila raddiana</i> Lindenb.
		<i>Plagiochila montagnei</i> Nees
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton
		<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.

Se colectaron 556 muestras de Hepáticas distribuidas en 7 familias, 17 géneros y 22 especies de los cuales el 95% son foliosas y el 5% talosas. Las familias de hepáticas con mayor número de géneros y especies son Lejeuneaceae (9 géneros, 12 especies), Lophocoleaceae (3 géneros, 3 especies), Frullaniaceae (1 género, 2 especies) y Plagiochilaceae (1 género, 2 especies). Los géneros representativos fueron *Cheilolejeunea*, *Ceratolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila* con 2 especies cada uno. Para los musgos se colectaron 492 muestras, distribuidas en 7 familias, 8 géneros y 12 especies. Las familias de musgos con mayor riqueza son Calymperaceae (4 especies), Dicraniaceae (2 especies) y Sematophyllaceae (2 especies). Los géneros representativos fueron *Syrrophodon* con 4 especies y *Sematophyllum* con 2. De las 34 especies encontradas, dos de ellas no fueron determinadas taxonómicamente a la categoría de especie.

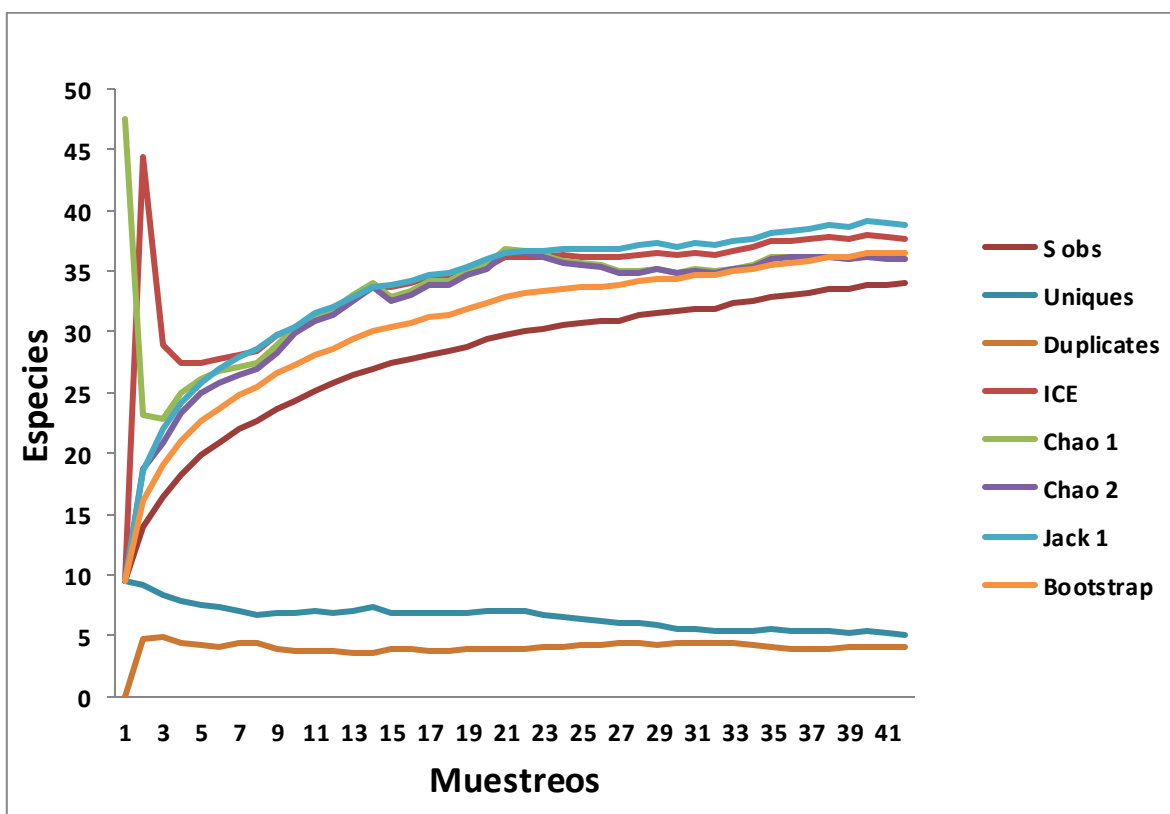


Figura 4. Curva de acumulación de especies de briófitos epífitos medidos en siete árboles.

En la tabla 3 se observa el número de especies y registros por árbol. La riqueza de especies fue más alta en el árbol 5 con 27 especies (11 familias, 18 géneros), seguido de el árbol 3 con 26 especies (12 familias, 18 géneros), árbol 7 con 26 especies (11 familias,

15 géneros), el árbol 2 con 24 especies (12 familias, 19 géneros), el árbol 1 con 22 especies (11 familias, 18 géneros), el árbol 4 con 21 especies (9 familias, 14 géneros) y el árbol 6 con 20 especies (7 familias, 11 géneros) (Anexo 3).

Tabla 3. Número de especies y registros por árbol.

No.	Especie	Número de especies	Número de registros	Numero especies restringidas
1	<i>Cybianthus</i> cf. <i>idroboi</i> Pipoly	22	149	1
2	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	24	134	0
3	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	26	181	7
4	<i>Stylogyne</i> cf. <i>turbacensis</i> (Kunth) Mez	21	152	0
5	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	27	134	2
6	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	20	144	0
7	<i>Piptadenia flava</i> (DC.) Benth.	26	154	0

El árbol 3 registró siete especies únicas *Leucomium strumosum*, *Lophocolea liebmanniana*, *Metzgeria ciliata*, *Plagiochila raddiana*, *Plagiochila montagnei*, *Schiffneriolejeunea polycarpa* y *Lejeunea aphanes*; seguido del árbol 5 con dos especies *Leucobryum martianum* y *Syrrhopodon prolifer*, por último el árbol 1 con una especie *Kymatocalyx dominicensis*.

6.2. DISTRIBUCIÓN VERTICAL.

6.2.1. Riqueza de especies por zona.

En la tabla 4 se observa la distribución de las especies de musgos y hepáticas en las zonas Johansson (1974). La zona 1 presenta la mayor riqueza con 25 especies (13 familias, 21 géneros), seguido de la zona 2a con 21 especies (11 familias, 20 géneros), la zona 4 con 20 especies (9 familias, 17 géneros), la zona 2b con 17 especies (10 familias, 15 géneros), la zona 3 con 17 especies (11 familias, 15 géneros) y la zona 5 con 17 especies (7 familias, 14 géneros) (Anexo 4). La familia con mayor número de registros para las Hepáticas fue Lejeuneaceae (45%) y para los musgos Calymperaceae (16%). El número de especies de las hepáticas fue mayor en todas las zonas Johansson (1974) comparadas con las especies de musgos (Figura 5).

Tabla 4. Distribución de las especies de musgos y hepáticas en las zonas Johansson (1974).

Zona	Número de especies de Hepáticas	Número de especies de Musgos	Número total de especies	Número de Registros	Porcentaje de Registros	Número de especies restringidas
1	15	10	25	176	16,8	6
2a	13	8	21	178	17,0	0
2b	9	8	17	177	16,9	0
3	11	6	17	176	16,9	0
4	13	7	20	221	21,1	1
5	10	7	17	120	11,5	0

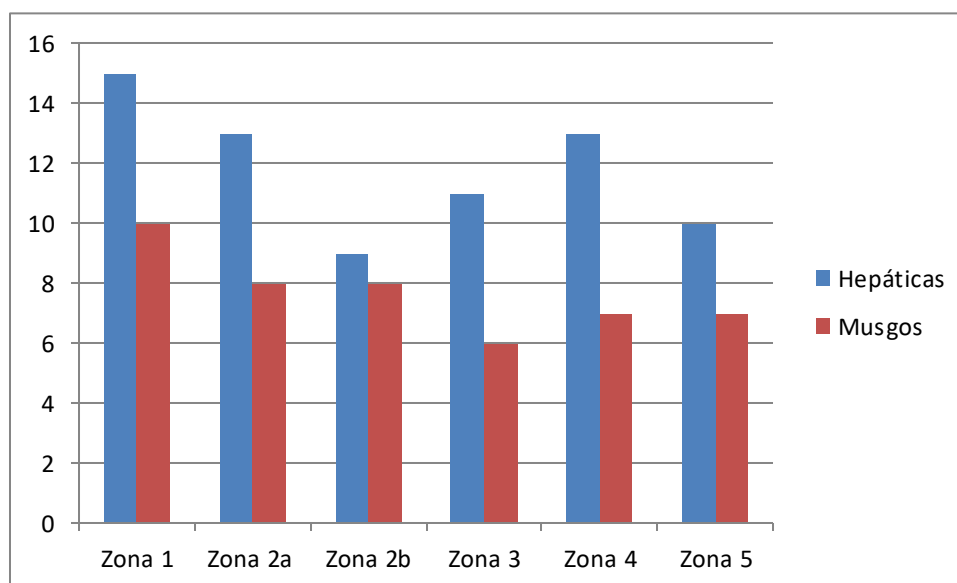


Figura 5. Número de especies por grupo para cada zona.

6.2.2. Riqueza de especies por Ubicación (Punto cardinal).

Para las zonas 1, 2 y 3 se encontraron en la ubicación Norte 25 especies con 173 registros; ubicación Sur 23 especies con 173 registros; Oeste 23 especies con 180 registros y la ubicación Este con 28 especies y 181 registros; para las zonas 4 y 5 la ubicación Inferior 1 presento 19 especies con 72 registros; Inferior 2, 19 especies con 72 registros; Superior 1, 16 especies con 67 registros; Superior 2, 14 especies con 61 registros y Superior 3, 18 especies y con 69 registros (Tabla 5, Anexo 5). En la ubicación

Este se encontraron 2 especies restringidas: *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei*. La especie *Lejeunea aphanes* se reportó en la ubicación Norte.

Tabla 5. Riqueza de especies de briófitos epífitos por ubicación en los árboles. Inferior 1 (I1), inferior 2 (I2), superior 1 (S1), superior 2 (S2) y superior 3 (S3).

Ubicación	Número total de especies	Número de Registros	Porcentaje de Registros	Número de especies restringidas
Norte	25	173	16,5	1
Sur	23	173	16	0
Este	28	181	17,3	2
Oeste	23	180	17,2	0
I1	19	72	6,9	0
I2	19	72	6,9	0
S1	16	67	6,4	0
S2	14	61	5,8	0
S3	18	69	6,6	0

6.2.3. Índices de Diversidad alfa.

Según el Índice de diversidad Margalef (DMg) el mayor valor se obtuvo en la zona 1 (0.6225) y la de menor es la zona 2b (0.5474), Para el Índice de Shannon-Wiener (H') se observa mayor diversidad en la zona 4. La equidad de Pielou indica un mayor valor en la zona 4 (0.8972), y menor en la zona 2b (0.5886). Según la Diversidad de Simpson se tiene mayor diversidad en la zona 1 ($1-D=0.9314$) y menor en zona 5 (0.9063) (Tabla 6).

Tabla 6. Índices de diversidad de los briófitos epífitos en las zonas Johansson (1974).

Zona	Margalef (DMg)	Máximo Margalef	Diversidad de Margalef (Real)	Shannon (H')	Máximo Shannon	Pielou (J')	Diversidad de Simpson 1 - D	Índice Bergue r y Parker
1	4.6417	7.4560	0.6225	1.2203	1.3979	0.8729	0.9314	0.1193
2^a	3.8597	6.5692	0.5875	1.1298	1.3222	0.8545	0.9145	0.1461
2b	3.0911	5.6473	0.5474	0.7242	1.2304	0.5886	0.9099	0.1469
3	3.0945	5.6473	0.5480	1.0956	1.2304	0.8904	0.9129	0.1364
4	3.5197	6.3424	0.5550	1.1673	1.3010	0.8972	0.9247	0.1312
5	3.3420	5.6473	0.5918	1.0833	1.2304	0.8804	0.9063	0.1917

Según el Índice de Shannon-Wiener (H') los valores obtenidos por zonas muestran una poca diversidad. El índice de equidad de Pielou se refiere a que las especies de las zonas tengan la misma cantidad de registros, se mide en una escala de 0 a 1, más cercano a uno indica que la cantidad de registros para la mayoría o para todas las especies es igual. En la zona donde las cantidades de registros por especies son semejantes es la zona 4 (0.8972), y donde se presenta mayor diferencia es la zona 2b (0.5886). A pesar que en la zona 5 se tiene menor riqueza de especies, el Índice de Berger-Parker indica que es la zona con mayor dominancia con un valor de 0,1917, por otra parte la zona que tiene mayor riqueza de especies es la que menor dominancia tiene con un valor de 0,1193 (Tabla 6). Este índice se establece entre un valor de 0 a 1, donde cercano a 1 indica mayor cantidad de registros que pertenecen a una especie. En la tabla 7 se muestra la frecuencia de especies por zona, a partir de la cual se obtiene este índice de dominancia, en la que la zona 1 se reporta la especie *Rhacopilopsis trinitensis* con un valor de 11.93% en la zona 2a la especie *Octoblepharum pulvinatum* con 14.61%, en la zona 2b *Syrrhopodon ligulatus* con 14,69%, la zona 3 *Harpalejeunea stricta* con 13.64%, la zona 4 *Ceratolejeunea cubensis* con 13.12% y en la zona 5 la especie *Lejeunea flava* con 19.63% (Tabla 7).

6.2.4. Análisis de clúster para zonas (índice beta de Jaccard).

Se realizó un análisis de clúster para determinar la relación entre las zonas según la ausencia-presencia de las especies. Las zonas con mayor semejanza son la 3 y 4 (índice de Jaccard: 0.7619), estas a su vez, son semejantes a la zona 5; la zona 2a y 2b también son muy similares con un índice de Jaccard: 0.7273 y estas son a su vez semejantes a la zona 1 (Tabla 8, Figura 6).

En la tabla 8 se observa una franja en diagonal de color azul, la cual separa los valores del índice de Jaccard en la parte superior y en la parte inferior el número de especies que comparten las dos zonas, de tal manera que, por ejemplo: las zonas 3 y 4 tienen un índice de 0,7619, lo cual significa que comparten 16 especies (Tabla 8, figura 6).

Tabla 7. Frecuencia de especies por zona Johansson (1974).

Especie	Zona 1	Zona 2^a	Zona 2b	Zona 3	Zona 4	Zona 5
<i>Acrolejeunea torulosa</i>	0	0	0	1	7	7
<i>Calypogeia lechleri</i>	11	0	0	0	0	0
<i>Campylopus</i> sp	4	5	1	7	8	0
<i>Ceratolejeunea cornuta</i>	6	8	4	0	3	1
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	16	13	20	12	11	7
<i>Cheilolejeunea trifaria</i>	1	6	7	11	15	1
<i>Cololejeunea jamesii</i>	2	1	0	0	0	0
<i>Fissidens guianensis</i>	3	4	3	0	0	0
<i>Frullania brasiliensis</i>	0	0	0	0	4	0
<i>Frullania caulisequa</i>	0	0	0	3	12	13
<i>Harpalejeunea stricta</i>	9	20	21	24	25	9
<i>Kymatocalyx dominicensis</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Lejeunea aphanes</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Lejeunea flava</i>	16	16	14	14	21	23
<i>Leptoscyphus porphyrius</i>	0	1	4	3	1	0
<i>Leucobryum martianum</i>	3	1	0	0	0	0
<i>Leucomium strumosum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Lophocolea liebmanniana</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Metzgeria ciliata</i>	0	1	0	3	5	4
<i>Microlejeunea bullata</i>	0	0	0	0	2	3
<i>Octoblepharum pulvinatum</i>	16	26	24	23	18	4
<i>Ceratolejeunea cubensis</i>	2	8	11	22	29	11
<i>Plagiochila raddiana</i>	2	3	3	1	0	0
<i>Plagiochila montagnei</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>	21	16	14	9	2	3
<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	0	0	1	0	17	15
<i>Sematophyllum subsimplex</i>	19	13	14	15	12	1
<i>Symbiezidium barbiflarum</i>	4	1	1	0	0	0
<i>Syrrhopodon africanus</i>	0	0	0	8	23	13
<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>	10	7	9	0	0	2
<i>Syrrhopodon ligulatus</i>	16	26	26	19	5	3
<i>Syrrhopodon prolifer</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Telaranea nematodes</i>	7	1	0	0	0	0

Tabla 8. Índice de Jaccard para las zonas Johansson (1974).

Zonas	1	2a	2b	3	4	5
1		0,7037	0,5556	0,3548	0,3235	0,3548
2 ^a	19		0,7273	0,5200	0,4643	0,4615
2 ^b	15	16		0,5455	0,4800	0,5455
3	11	13	12		0,7619	0,6190
4	11	13	12	16		0,7619
5	11	12	12	13	16	

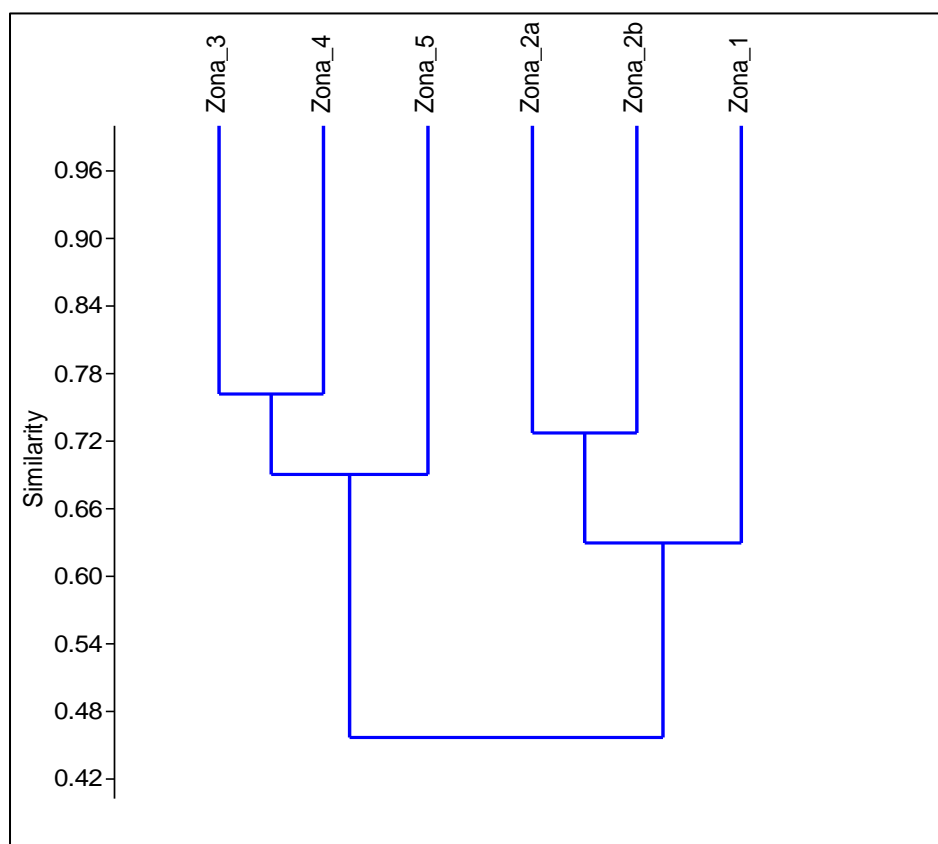


Figura 6. Dendrograma para zonas según ausencia-presencia de especies.

6.2.5. Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).

Se realizó un análisis de clúster para determinar la semejanza entre las ubicaciones de los árboles, con base en los resultados obtenidos aplicando el índice de Jaccard. Las ubicaciones con mayor semejanza fueron superior 1 y superior 3 con 16 especies compartidas. A su vez se observa semejanza con la ubicación inferior 2, inferior 1 y

superior 2. Por su parte la zona Sur y Oeste comparten 21 especies, las cuales presentan semejanza con la ubicación Este y Norte (Tabla 9, figura 7).

Tabla 9. Índice de Jaccard para las ubicaciones. Inferior 1 (I1), Inferior 2 (I2), Superior 1 (S1), Superior 2 (S2) y Superior 3 (S3).

	Norte	Sur	Oeste	Este	I1	I2	S1	S2	S3
Norte		0,6552	0,7143	0,7097	0,4194	0,5172	0,4643	0,3448	0,4333
Sur	19		0,8400	0,7586	0,6154	0,6154	0,5600	0,4800	0,5769
Oeste	20	21		0,8214	0,5000	0,5000	0,5000	0,3704	0,4643
Este	22	22	23		0,4688	0,4688	0,4667	0,3548	0,4375
I1	13	16	14	15		0,8095	0,7500	0,7368	0,8500
I2	15	16	14	15	17		0,8421	0,7368	0,8500
S1	13	14	13	14	15	16		0,7647	0,8889
S2	10	12	10	11	14	14	13		0,7778
S3	13	15	13	14	17	17	16	14	

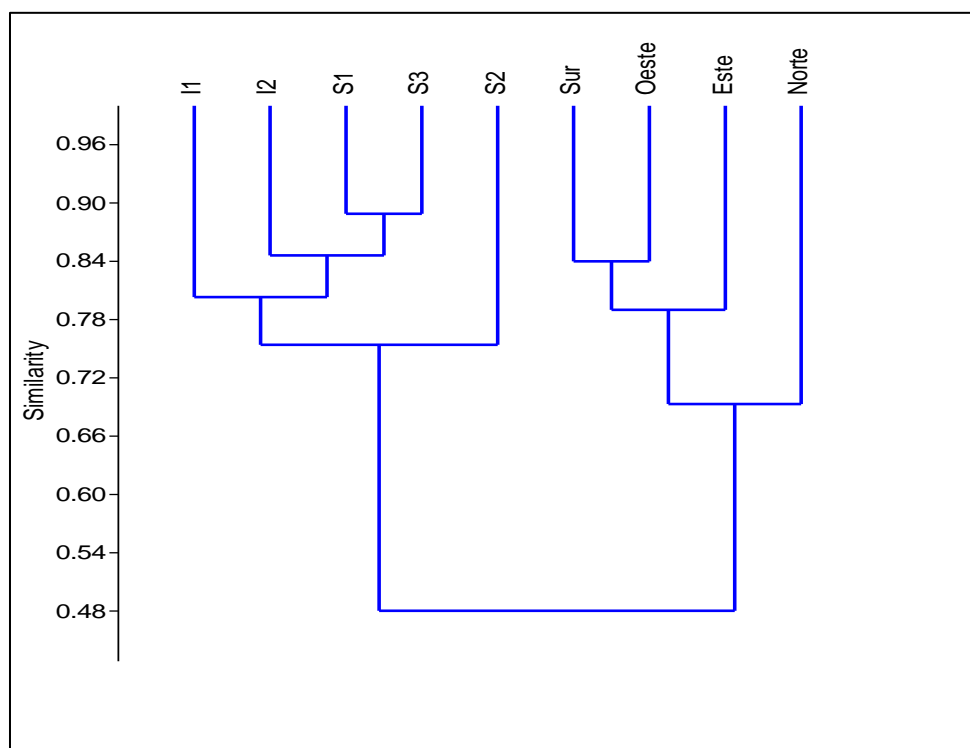


Figura 7. Dendrograma para ubicación según ausencia-presencia de especies. Norte, Sur, Oeste, Este, Inferior 1 (I1), Inferior 2 (I2), Superior 1 (S1), Superior 2 (S2) y Superior 3 (S3).

6.2.6. Análisis de correspondencia

Se realizó un análisis de correspondencia para visualizar la relación de presencia-ausencia entre las especies y las zonas Johansson (1978); si la especie (punto azul) está más cerca de una zona (punto rojo) indica que está presente en la ubicación de la zona; si la especie (punto azul) está más lejos de la ubicación de una zona (punto rojo) significa que la especie está ausente (Figura 8, Anexo 6).

Para la zona 1 se registraron únicamente las especies *Leucomium strumosum*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Lophocolea liebmanniana*, *Syrrhopodon prolifer*, *Calypogeia lechleri*. *Frullania brasiliensis* fue encontrada únicamente en la zona 4, *Microlejeunea bullata* se registró en las zonas 4 y 5 sobre el dosel medio y externo y en las zonas 3, 4 y 5 las especies *Acrolejeunea torulosa*, *Syrrhopodon africanus* y *Schiffneriolejeunea polycarpa*.

Con el análisis de correspondencia se identificaron tres grupos con base en los datos de presencia-ausencia de las especies encontradas (Figura 8). El primer grupo está conformado por las especies epifitas especialistas de sombra, con 8 hepáticas y 4 musgos en el segundo grupo son las especies epifitas especialistas de luz, con 5 hepáticas y 1 musgo y el tercer grupo que está conformado por las especies generalistas, estas especies en su gran mayoría se registraron en todas las zonas con 9 hepáticas y 7 musgos (Anexo 7).

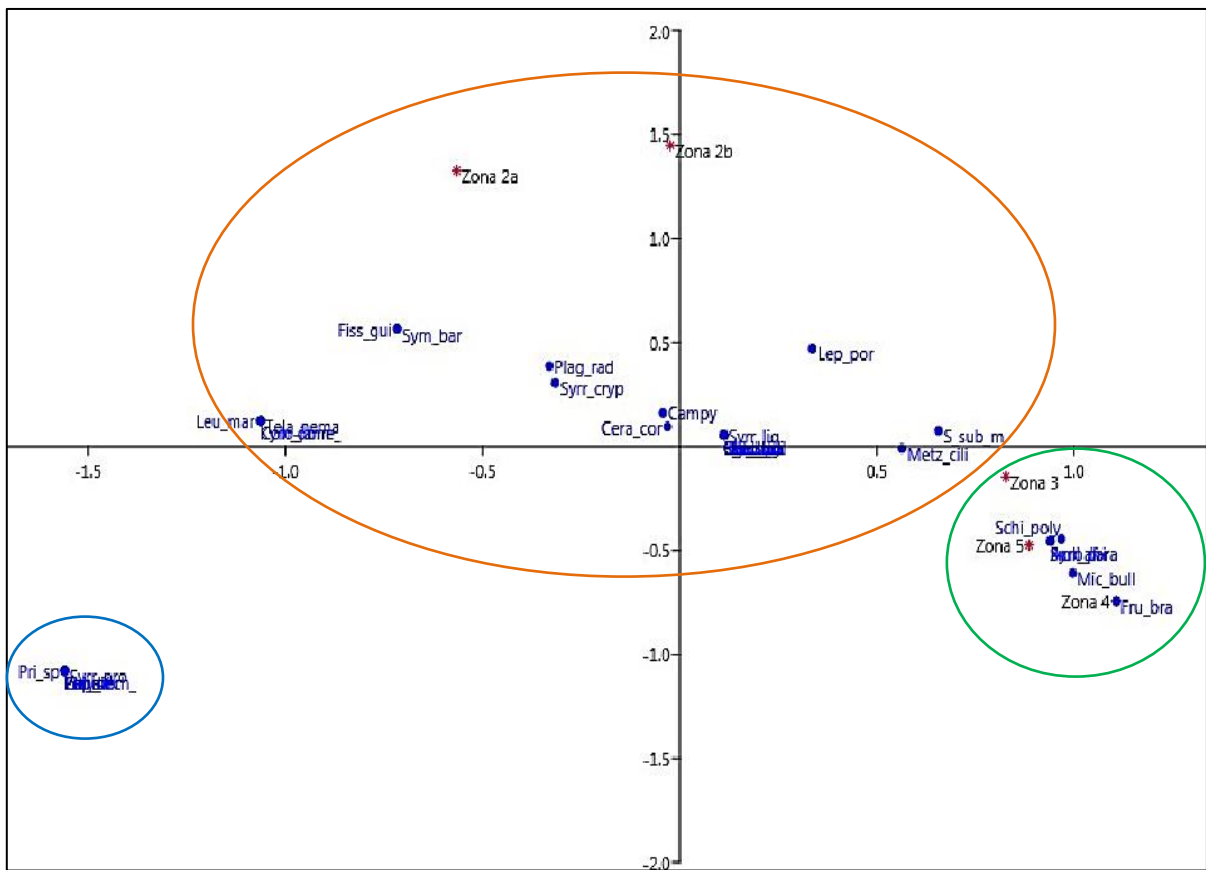


Figura 8. Análisis de correspondencia. Grupo 1 (círculo azul), grupo 2 (círculo verde) y grupo 3 (círculo rojo).

6.3. NUEVOS REPORTES.

Se encontraron 14 nuevos registros para la región de la Orinoquía (13 hepáticas y 2 musgos); además, se destaca a *Cololejeunea jamesii* y *Lejeunea aphanes* como novedad corológica para el país. En este trabajo se sigue la propuesta de división geografía de Rangel *et al.*, (1995) en donde la región de la Orinoquia Colombiana comprende localidades de los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada. Para el departamento del Meta se tienen 17 nuevos reportes, 12 especies de hepáticas pertenecientes a las familias Calypogeiaceae, Frullaniaceae, Lejeuneaceae y Lophocoleaceae. Para los musgos se tienen 3 nuevos registros, pertenecientes a la familia Calymperaceae (Tabla 10, Anexo 3).

Las especies *Microlejeunea bullata* y *Syrrhopodon ligulatus* se encuentran reportadas para la Orinoquia Colombiana en el departamento de Casanare según Rincón *et al.*, 2015;

en este trabajo se reportan como nuevos registros para el departamento del Meta (Tabla 10).

Tabla 10. Nuevo registros de especies para Colombia, Orinoquia y Meta.

Zonas Johansson (1974)	Especies	Colombia	Orinoquia	Meta
1	<i>Calypogeia lechleri</i> Steph.		1	1
1,2a,2b,3,4,5	<i>Ceratolejeunea cubensis</i> (Mont.) Schiffn.		1	1
1,2a,2b,3,4,5	<i>Cheilolejeunea rigidula</i> (Mont.) R.M.Schust.		1	1
1,2a,2b,3,4,5	<i>Cheilolejeunea trifaria</i> (Reinw. et al.) Mizut.		1	1
1,2a	<i>Cololejeunea jamesii</i> (Austin) M.E. Reiner & Pócs.	1	1	1
4	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi		1	1
3,4,5	<i>Frullania caulisequa</i> (Nees) Nees			1
1,2a,2b,3,4,5	<i>Harpalejeunea stricta</i> (Lindenb. & Gottsche) Steph.		1	1
1,2a	<i>Kymatocalyx dominicensis</i> (Spruce) Váña		1	1
1	<i>Lophocolea liebmanniana</i> Gottsche		1	1
1	<i>Lejeunea aphanes</i> Spruce.	1	1	1
4,5	<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Steph.			1
1,2a,2b,3	<i>Plagiochila raddiana</i> Lindenb.		1	1
1,2a,2b	<i>Symbiezidium barbiflorum</i> (Lindenb. & Gottsche) A.Evans		1	1
3,4,5	<i>Syrrhopodon africanus</i> (Mitt.) Paris		1	1
1,2a,2b,5	<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i> Dozy & Molk.		1	1
1,2a,2b,3,4,5	<i>Syrrhopodon ligulatus</i> Mont.			1

7. DISCUSIÓN

7.1. COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.

7.1.1. Riqueza.

En este estudio se encontraron 34 especies de briófitos en los 7 árboles muestreados desde la base hasta el dosel. Se registraron 22 especies de hepáticas que corresponden al 3,1 % de las especies presentes en el país y 12 especies de musgos que corresponden al 1,3 % (Bernal *et al.*, 2015).

La familia de hepáticas más representativa fue Lejeuneaceae con 12 especies que equivale al 54% de las hepáticas reportadas en este estudio, esto concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios similares como: Mota *et al.*, (2009); Mota y Steege (2013) y Campos *et al.*, (2015), donde la familia Lejeuneaceae es la que presenta una mayor diversidad. Los géneros con mayor número de especies son *Cheilolejeunea*, *Ceratolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila*.

En los musgos la familia más representativa fue Calymperaceae con 4 especies que equivale al 33% de las especies presentes en este estudio, esto corresponde al patrón de riqueza en la Orinoquia, pero a nivel nacional las familias de musgos más representativas son diferentes, siendo Dicranaceae, Pilotrichaceae Bartramiaceae y Orhotrichaceae las más diversas (Rincón, 2014), esto se debe a que la mayoría de las especies de estas familias tienen preferencia por otros sustratos como suelo, rocas y madera en descomposición. El género con mayor número de especies fue *Syrrhopodon*, esto corresponde a lo mencionado por Rincón (2014) donde este género es el más diverso en la región y a nivel nacional.

El estado de conservación de la mayoría de las especies registradas en este estudio, se encuentran en la categoría de no evaluadas y solo dos especies se encuentran en estado vulnerable según las categorías de la UICN, estas especies son: *Syrrhopodon africanus* y *Kymatocalyx dominicensis*, además corresponden a reportes nuevos para la región de la Orinoquia (Linares y Uribe, 2002; Aguirre y Rangel, 2007; Rincón *et al.*, 2014). El aumento en las localidades de estas especies, permite obtener una visión más clara de su distribución y así aportar al estado de conocimiento de la conservación de estas especies.

7.1.2. Curva de acumulación de especies.

En cuanto a la representatividad del muestreo se obtuvo un 94,5% de las especies esperadas según el estimador de Chao 1, el 94,6% con el estimador Chao 2, 93,1% según Bootstrap, 90,2% según ICE y 87,4 % según Jack 1 (Figura 2); esto concuerda con algunos estudios que confirman que muestreando 5 árboles se obtiene el 75% de la diversidad total de las especies (Gradstein 1992, 1996; Gradstein *et al.*, 2003). Montfoor y Ek (1990) encontraron que muestreando 5 árboles se colectaba el 75% de las especies presentes en un bosque lluvioso en la Guayana Francesa, en cambio Cornelissen y Steege (1989) en un bosque seco en Guyana con 5 árboles solo colectó el 42% de las especies esperadas. Wolf (1993) en un bosque montano de Colombia evidenció que con 4 árboles se obtenía una buena representatividad de las especies presentes. En el presente estudio con 7 árboles se colectó el 95% de las especies esperadas lo que indica una buena representatividad del muestreo para el área de estudio.

7.2. DISTRIBUCIÓN VERTICAL.

7.2.1. Riqueza de especies por zona.

La zona 1 fue la que presentó una mayor riqueza, esto concuerda con los resultados obtenidos por Cornelissen y Steege (1989) y Gil y Morales (2013) donde evidencian una mayor presencia de especies en el tronco. Según el índice de diversidad de Margalef (DMg) y el índice de diversidad de Simpson (1-D) esta zona es la de mayor riqueza con un valor de 0,6225 y 0,9314 respectivamente. Se encontraron 12 especies restringidas al tronco, zonas 1, 2a y 2b de los árboles, de las cuales 6 solo se encuentran en la zona 1, base del tronco del árbol: *Calypogeia lechleri*, *Lophocolea liebmanniana*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Leucomium strumosum* y *Syrrophodon prolifer*, esto concuerda con lo evidenciado por Campos L. (2016) en donde esta zona presenta el mayor número de especies restringidas.

El establecimiento de más especies en esta zona de los árboles puede ser explicado por las condiciones ambientales del microhábitat ya que la humedad, la disponibilidad de sustrato, y las reservas de nutrientes son altas en las zonas bajas de los árboles (Cornelissen y Steege, 1989 y Mota, 2009). La alta riqueza de especies en esta zona también puede ser explicada por la proximidad con otros sustratos como rocas, suelo y madera en descomposición lo que causa una distribución continua de las especies desde

el suelo hasta la base del árbol, esta dispersión se da por la migración de propágulos o esporas (Wolf, 1993).

La disponibilidad de luz también es un factor importante y debido a que el dosel de los árboles en el bosque del Jardín Botánico no es tan cerrado posiblemente no es un factor limitante para las especies, dado que en los bosques que presentan un dosel abierto las especies típicas de las zonas altas pueden realizar un descenso al suelo (Wolf, 1993; Acebey *et al.*, 2003), contrario a los resultados obtenidos por Ruiz y Aguirre (2004); Mota (2009); Goda (2009b) y Gehrig *et al.*, (2013) donde evidenciaron más riqueza en las zonas del dosel de los árboles, pero el tipo de dosel presente en estos estudios era más cerrado y la disponibilidad de luz disminuía en la base de los árboles.

La zona 5 fue la que tuvo menor riqueza, esto se debe a que las especies presentes en las zonas altas de los árboles tienen tolerancia a las condiciones extremas del dosel como: la alta disponibilidad de luz, la alta temperatura y la velocidad del viento; también la apertura del dosel de los árboles, puede producir que especies de las zonas altas descendan a las zonas bajas de los árboles (Wolf, 1993). Se tienen 6 especies que se encuentran restringidas al dosel (zonas 3, 4 y 5): *A. torulosa*, *F. brasiliensis*, *F. caulisequa*, *M. bullata*, *S. polycarpa* y *S. africanus*. Esto se debe a que poseen adaptaciones morfológicas y anatómicas que permiten el establecimiento en estas zonas. Por ejemplo las especies del género *Frullania* son características de sitios expuestos del dosel porque toleran mejor la desecación (Glime, 2006; Romero *et al.*, 2006; Campos, 2016), ya que poseen una pigmentación que hace que sean más tolerantes a la intensidad lumínica y la presencia de lobulillos de forma cilíndrica que permiten captar y retener agua (Cornelissen y Steege, 1989). Algunas especies de la familia Lejeuneaceae poseen adaptaciones morfológicas que le permiten tener reservorios de agua como los lobulillos inflados y ornamentados con dientes que pueden absorber y retener agua (Glime, 2006). En otros grupos como *Syrrhopodon* la presencia de papilas crea un espacio muerto que reduce la pérdida de agua y ayuda a frenar la desecación (Proctor, 1984), también la costa pronunciada crea un canal de transporte y reservorio de agua (Frahm 1985 y Glime, 2006).

Para desarrollar estas adaptaciones que les permiten soportar las condiciones microambientales y establecerse en las copas de los árboles los briófitos necesitan mucho tiempo (Holz y Gradstein, 2005) y debido a que el bosque presente en el Jardín botánico

tiene un estado sucesional joven, las especies presentes en estas zonas de los árboles son escasas en comparación con los trabajos de Ruiz y Aguirre (2004); Mota (2009); Goda (2009b) y Gehrig *et al.*, (2013) donde el mayor número de especies se observó en el dosel. Se consideran generalistas 16 especies de briófitos ya que, para este trabajo, fueron encontradas en todas las zonas de los árboles muestreados, debido a su fácil adaptación a cambios microclimáticos presentes en cada una de las zonas (Gradstein y Ilkiu-Borges, 2009).

7.2.2. Riqueza de especies por Ubicación (Punto cardinal).

Según Quarterman (1949) para los briófitos epífitos no se han realizado estudios en donde se evidencie un patrón específico de la distribución de las especies relacionado con las exposiciones en diferentes caras de los árboles, la riqueza y la cobertura de la especies solo dependen de la altura y no de su ubicación en los puntos cardinales del árbol (Rasmussen, 1975); sin embargo los briofitos epífitos son más sensibles a las variaciones microclimáticas que la vegetación vascular (Hoffman, 1969), además estas variaciones en el microclima pueden ser de un lugar a otro en el mismo nivel horizontal (Johansson, 1974).

El lado Este de las zonas 1, 2a, 2b y 3, fue en el que más se registraron especies debido a la exposición lumínica constante en comparación a los demás lados del árbol, destacando además la presencia de dos especies exclusivas *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei* en el árbol 3 *Schefflera morototoni* (Araliaceae), zona 1 y en la ubicación Este; esto puede ser explicado porque alrededor del árbol se encontraron troncos caídos, vegetación herbácea y arbustiva, además de la proximidad de raíces de *Socratea exorrhiza* (Mart) H.Wendl que proporcionan un microclima adecuado para que se establezcan estas dos especies, dado que son afines a la humedad y la sombra (Churchill y Linares 1995; Gradstein, 2016).

En cuanto a las zonas de dosel, 4 y 5, se muestrearon cinco áreas de 60 cm de longitud (I1 I2 S1 S2 S3), la riqueza de especies comparado con el número de individuos fue muy proporcional, de tal manera que no hay diferencias entre las ubicaciones inferiores y superiores.

7.2.3. Análisis de clúster para zonas (índice beta de Jaccard).

El índice de similitud de Jaccard para las zonas de los árboles muestra una relación entre la zona 3 y 4 con el 76% de especies compartidas. Esta relación se explica por la proximidad y la baja variabilidad de las condiciones climáticas de luz y humedad que presentan. Por su parte las zonas 2a y 2b presentan una similaridad del 72%, esto se debe a que la incidencia de exposición lumínica y de humedad no varían en estas zonas (Mota, 2009), obteniendo un microclima adecuado para el establecimiento de las especies. La zona 1 a pesar de tener los valores de diversidad más altos fue la que presentó los valores más bajos de similitud con respecto a otras zonas.

Se evidencio una baja similitud entre las especies de la base del árbol y las del dosel medio y externo, esto se debe a que en el dosel superior los briófitos epífitos están expuestos a bajos niveles de humedad y altas temperaturas debido a la intensidad de la radiación solar y la alta velocidad del viento. En contraste con la parte inferior del árbol, donde la humedad del aire es más alta y la penetración de la luz es menor (Kessler, 2000), esto concuerda con los trabajos de Cornelissen y Steege (1989); Mota (2009) y Campos (2016).

7.2.4. Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).

El índice de similitud de Jaccard para las ubicaciones en las zonas 1, 2a, 2b y 3 indica que el Sur y Oeste presentan un 84% de similaridad y 21 especies compartidas, esto pueden ser explicado por la cercanía entre estas dos ubicaciones. Para las zonas del dosel 4 y 5 las ubicaciones que más similitud tienen es la superior 1 y superior 3, seguido de inferior 2 e inferior 1. La ubicación superior 2 fue la que menos porcentajes de similitud obtuvo con respecto a las otras ubicaciones, además esta fue la que menos especies reportó.

8. CONCLUSIONES

- En los 7 árboles muestreados se realizaron 348 levantamientos en los cuales se registraron 1048 briófitos. Se determinaron en total 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), pertenecientes a 14 familias y 26 géneros.
- La curva de acumulación de especies mostro una alta representatividad del muestreo para el área de estudio, según el estimador Chao 1 fue del 94,5% de las especies esperadas, Chao 2 del 94,6%, Bootstrap: 93,1%, ICE: 90,2% y Jack 1: 87,4%, lo cual representa concordancia entre el esfuerzo de muestreo y la riqueza de especies obtenida.
- Se registra a *Cololejeunea jamesii* y *Lejeunea aphanes* de la familia Lejeuneaceae como novedad corológica para el país, además se realizan 14 reportes nuevos para la Orinoquia Colombiana que corresponden a 12 Hepáticas y 2 Musgos. Para el departamento del Meta se registran 17 especies, 14 hepáticas y 3 musgos.
- La composición de especies de briófitos epífitos a través de un gradiente vertical mostró una evidente diferenciación, especialmente en la zona uno en la que se registró la mayor diversidad, además esta zona reporta el mayor número de especies restringidas: *Calypogeia lechleri*, *Lophocolea liebmanniana*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Leucomium strumosum* y *Syrrhopodon prolifer*.
- Las hepáticas fueron el grupo dominante en todas las zonas Johansson (1974) teniendo el mayor número de especies y registros, la familia más representativa fue Lejeuneaceae y los géneros con mayor riqueza fueron *Ceratolejeunea*, *Cheilolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila*. Para los musgos la familia más representativa fue Calymperaceae y el género más diverso fue *Syrrhopodon*.
- En cuanto al muestreo en los cuatro puntos cardinales de los siete árboles, la ubicación Este registra la mayor diversidad, teniendo como especies exclusivas en este punto a *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei*. En cuanto a la similitud entre puntos cardinales, las ubicaciones Sur y Oeste evidenciaron la mayor similitud con un 84%.

- Con el análisis de correspondencia se identificaron tres grupos con base en los datos de presencia-ausencia de las especies encontradas (Figura 8). El primer grupo está conformado por las especies epífitas especialistas de sombra, con 8 hepáticas y 4 musgos en el segundo grupo son las especies epífitas especialistas de luz, con 5 hepáticas y 1 musgo y el tercer grupo que está conformado por las especies generalistas, estas especies en su gran mayoría se registraron en todas las zonas con 9 hepáticas y 7 musgos (Anexo 7).
- Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una notable diferenciación en cuanto a diversidad y composición de especies entre la base y el dosel, argumentando de esta manera la importancia de ampliar la unidad de muestreo a través del gradiente vertical.

9. RECOMENDACIONES

- Los estudios florísticos de briófitos epífitos son escasos en la Orinoquia Colombiana, por lo tanto se deben realizar más muestreos en el dosel de los árboles, en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición) e incluso tener en cuenta otros ecosistemas para poder aumentar los registros biológicos y la información ecológica de las especies presentes en la región.
- Se recomienda hacer muestreos en epífilos (hojas vivas), ya que son considerados como un ecosistema en miniatura y se puede incrementar sustancialmente el número de especies y nuevos registros para la región de la Orinoquía y para Colombia.

10. BILIOGRAFIA.

- Acebey A. y Krömer T. 2001. Diversidad y distribución de epifitas en los alrededores del campamento río Eslabon y la laguna Chalalán. Parque Nacional Madidi. Dpto. La paz. Bolivia. *Revista de la sociedad Boliviana de Botánica*. 3(1/2)-. 1004-123.
- Acebey A; Gradstein R y Krömer T. 2003. Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* (2003) 19:9–18.
- Aguirre J y Rangel O. 2007. Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia. Una aproximación inicial. *Caldasia* 29(2):235-262.
- Aguirre J. 2008. Diversidad y riqueza de musgos y líquenes en Colombia- Generalidades y metodología-. In O. Rangel-Ch (Ed.). Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia (pp. 1-17). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Baev P. Y Penev L. 1995. BIODIV: Program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.
- Bernal R. Gradstein S.R y M. Celis (Eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. catalogoplantascolumbia.unal.edu.co
- Bolaños Y. G. Ramiro B. y Padilla R. 2009. Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayán. Cauca. *Revista de la Asociación Colombiana Ciencias Biológicas*. 21: 31:31-44.

- Brown D. 1982. Mineral nutrition. *Bryophyte ecology*. 383-444.
- Calvelo S; Trejo A. y Ojeda V. 2006. Botanical composition and structure of hummingbird nests in different habitats from northwestern Patagonia (Argentina). *Journal of Natural History*. 40: 589- 603.
- Carbajal L. Puentes D. Valero M. Salazar E. y Gil J. 2006. Plan estratégico para el jardín botánico de Villavicencio-Meta. Universidad distrital gobernación del Meta Francisco José de Caldas.
- Campos L; Uribe J. y Aguirre C. 2008. Santa María. Líquenes. Hepáticas y Musgos. Serie de guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales No. 3. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 144 p.
- Campos L. Steege H. y Uribe J. 2015. Los briófitos epífitos de la región amazónica de Colombia. *Caldasia* 37(1):47-59.
- Campos L. 2016 Diversity of epiphytic bryophytes of the Colombian Amazon (Tesis de doctorado) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia
- Cornelissen J. y Steege H. 1989. Distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in dry evergreen forest of Guyana. *Journal of Tropical Ecology*, 5, pp 131-150
- Churchill S y Linares E. 1995. Prodrum Bryologiae Novo Granatensis. Introducción a la Flora de Musgos de Colombia. Parte I y parte II Colombia. Editora Guadalupe Ltda.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena y Fundación Biocolombia SAy S. 2012. Formulación del ajuste al plan de manejo de la reserva forestal protectora de Buena Vista.

- Costa, D. P. 2008. Metzgeriaceae (Hepaticae). Flora Neotropica Monograph 102: 1-169.
- Dauphin, G. 2003. Ceratolejeunea. Flora Neotropica Monograph 90: 1-86.
- Frahm J. 1985. The ecological significance of the costal anatomy in the genus *Campylopus*. Abst. Bot. 9, suppl. 2: 159-169.
- Fotosíntesis 2012. Proyecto Oleoducto Bicentenario. Guía ilustrada de las plantas epífitas del tramo Arguaney-Banadía. Bogotá Colombia. 116 pp.
- Gradstein R. 1992. The vanishing tropical rain forest as an environment for bryophytes and lichens. Pp. 234-258 in J.W. Bates and A.R. Farmer, eds. *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*. Clarendon Press, Oxford, U.K.
- Gradstein R. 1994. Flora Neotropica. LEJEUNEACEAE: PTYCHANTHEAE y BRACHIOLEJEUNEAE. The New York Botanical Garden Bronx. New York: 0071-5794
- Gradstein S. 1996. Corticolous bryophytes. Pp. 63-65 in S.R. Gradstein et al., eds. *How to Sample the Epiphytic Diversity of Tropical Rain Forests*. Ecotropica 2.
- Gradstein S; Griffin D; Morales M. y Nadkarni N.M. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia* 23: 203-212.
- Gradstein S; Nadkarni. N; Krömer. T; Holz. I. y Nöske. N. 2003. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity in tropical rain forests. *Selbyana*. 24: 105-111.

- Gradstein, S y Ilkiu-Borges, A. 2009. Guide to the plants of Central French Guiana. Part IV. Liverworts and hornworts. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 76(4): 1–140.
- Gradstein R. y Uribe J. 2011. Sinopsis de la familia Frullaniaceae (Marchantiophyta) para Colombia. *Caldasia* 33 (2): 367-396.
- Gradstein R. 2016. The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 104-136.
- Gehrig D; Obregon A; Bendix J y Gradstein R. 2013. Diversity and vertical distribution of epiphytic liverworts in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Journal of Bryology* 2013 VOL. 35 NO. 4
- Gerson U. 1982. Bryophyte and invertebrates. *Bryophyte ecology*. 291-332.
- Gil J. y Morales M. 2013. Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá. Colombia. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 62 (2): 719-727.
- Glime J. y Keen R. 1984. The importance of bryophytes in a man-centered world. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*. 55. 133-146.
- Glime, J. 2006. *Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Goda S. 2009a. Epiphytic bryophytes in natural forests and cacao agroforests of Central Sulawesi. Indonesia. Microclimate determines community composition but not richness of epiphytic understory bryophytes of rainforest and cacao agroforests in Indonesia. Georg-August-Universität Göttingen. *Biodiversity and Ecology Series B. Volume 3. Chapter 2*

- Goda S. 2009b. Epiphytic bryophytes in natural forests and cacao agroforests of Central Sulawesi. Indonesia. Epiphytic bryophyte diversity on understorey and canopy trees in rainforest sites in Central Sulawesi. Indonesia. Georg-August-Universität Göttingen. Biodiversity and Ecology Series B. Volume 3. Chapter 1.
- Hoffman R y Kazmierski S 1969. An Ecologic Study of Epiphytic Bryophytes and Lichens on *Pseudotsuga menziesii* on the Olympic Peninsula, Washington. I. A Description of the Vegetation. *The Bryologist*, Vol. 72, No. 1 pp. 1-19
- Holdridge L.; Grenke W; Hatheway H; Liang T y Tosi J. 1971. Forest environments in tropical life zones, a pilot study. Pergamon Press, Oxford. P. 747.
- Holz I; Gradstein R; Heinrichs J y Kappelle M. 2001. Bryophyte diversity. Microhabitat differentiation and distribution of life forms in Costa Rican upper montane *Quercus* forest. *Bryologist* 105: 334-348.
- Holz I. y Gradstein R. 2005. Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica-species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178, 89-109.
- Johansson D. R. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Sueca*. 59. 136.
- Kessler, M. 2000. Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography* 27(2): 275-282.
- Linares, E. y Uribe J. 2002 libro rojo de briófitos de Colombia, Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales–Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

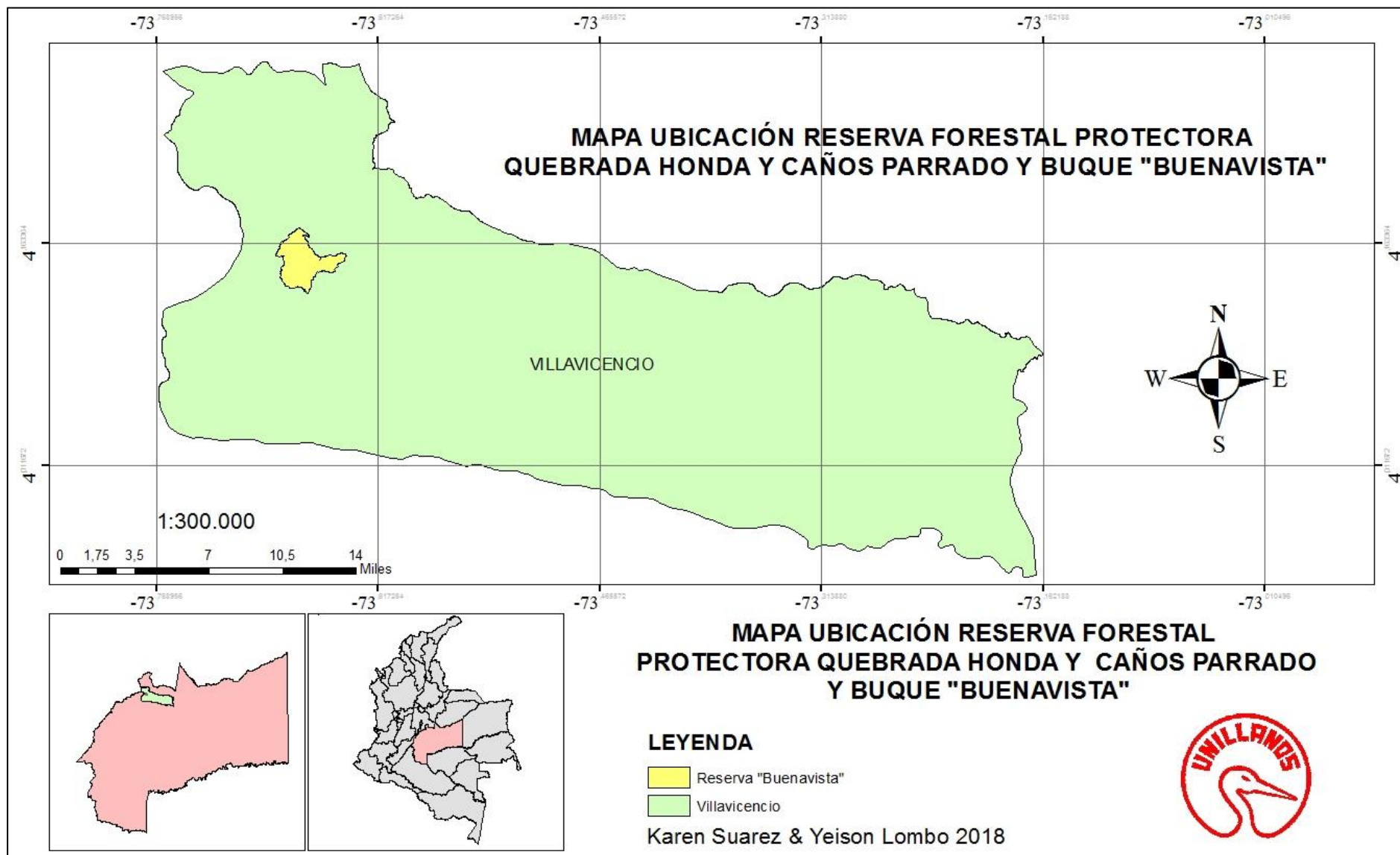
- Medina R. 2014. Invitación a los Briofitos: botánica a pequeña escala. JOF. No 14.
- Meli P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Interciencia. Vol. 28 Nº 10 P. 581-589
- Morales E; Gil A; Díaz C; Alvarado V; Gil J.; Vargas D; Hernández L; Arias S; Sánchez L; Suárez L; Farfán J; Marquínez X; Vélez J y Muñoz D. 2012. Vida oculta. una muestra de la flora de Boyacá y Casanare – Colombia: Poliducto Andino. Tunja: UPTC: Ecopetrol. 2012. 420 p: il. col – (Colección Investigación UPTC; No. 49)
- Moreno C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. My T–Manuales y Tesis SEA. vol. 1. Zaragoza. 84 pp.
- Mota S; Steege H; Cornelissen J. y Gradstein S. 2009. Niche assembly of epiphytic bryophyte communities in the Guianas: a regional Approach. *Journal of Biogeography* 36. 2076–2084.
- Mota S. y Steege H. 2013. Floristic overview of the epiphytic bryophytes of terra firme forest across the Amazon basin. *Acta Botanica Brasilica* 27(2):347-363.2013.
- Montfoort, D. & EK, R. C. 1990. Vertical distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in a lowland rain forest in French Guiana. Thesis, Institute of Systematic Botany, *Utrecht*, 61 pp.
- Pérez B; Draper I; Atauri D. y Bujalance M. 2011. Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de la Real Sociedad Española Historia Natural*. 2ª ép.. 9: 19 -73
- Perry. D. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. *Biotropica*. 10: 155-157.

- Proctor M. 1984. Structure and ecological adaptation. In: Dyer, A. F. and Duckett, J. G. (eds.). *The Experimental Biology of Bryophytes*. Academic Press, London, pp 9-37.
- Pursell R. 2007. Flora Neotropica Monograph. Fissidentaceae. The New York Botanical Garden Bronx. New York: 0071-5794
- Quarterman E. 1949. Ecology of cedar glades, III. Corticolous bryophytes. *The Bryologist* 5T2: 153-165.
- Rangel J. 1995. Colombia Diversidad Biológica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Editora Guadalupe, Bogotá D.C., Colombia
- Rasmussen, L. 1975. The bryophytic epiphyte vegetation in the forest, Slotved Skov, Northern Jutland. *J. Bryol.* 8: 15-38.
- Reese, W. 1993. Calymperaceae. Flora Neotropica, 58, 1-101. Retrieved from
- Rincón. J; Rangel J. y Aguirre. J. 2014. Musgos. líquenes. Helechos y afines de la Orinoquia Colombiana. En: Colombia diversidad Biótica XIV: musgos. Líquenes. Helechos. 419 -445.
- Romanski P; Pharo E. y Kirkpatrick J.2011. Epiphytic bryophytes and habitat variation in montane rainforest. Peru. *The Bryologist*. 114(4):720-731. 2011. The American Bryological and Lichenological Society. Inc.
- Romero C; Puts F.y Kitajima K. 2006. Ecophysiology in relation to exposure of pendant epiphytic bryophytes in the canopy of a tropical montane oak forest. *Biotropica*, 38(1), 35-41.
- Ruiz C. y Aguirre J.2004. Distribución de la brioflora en el gradiente vertical (suelo-dosel) y la selectividad de hábitats en Tarapacá (Amazonas. Colombia). *Tropica Bryology* 25: 81-96.

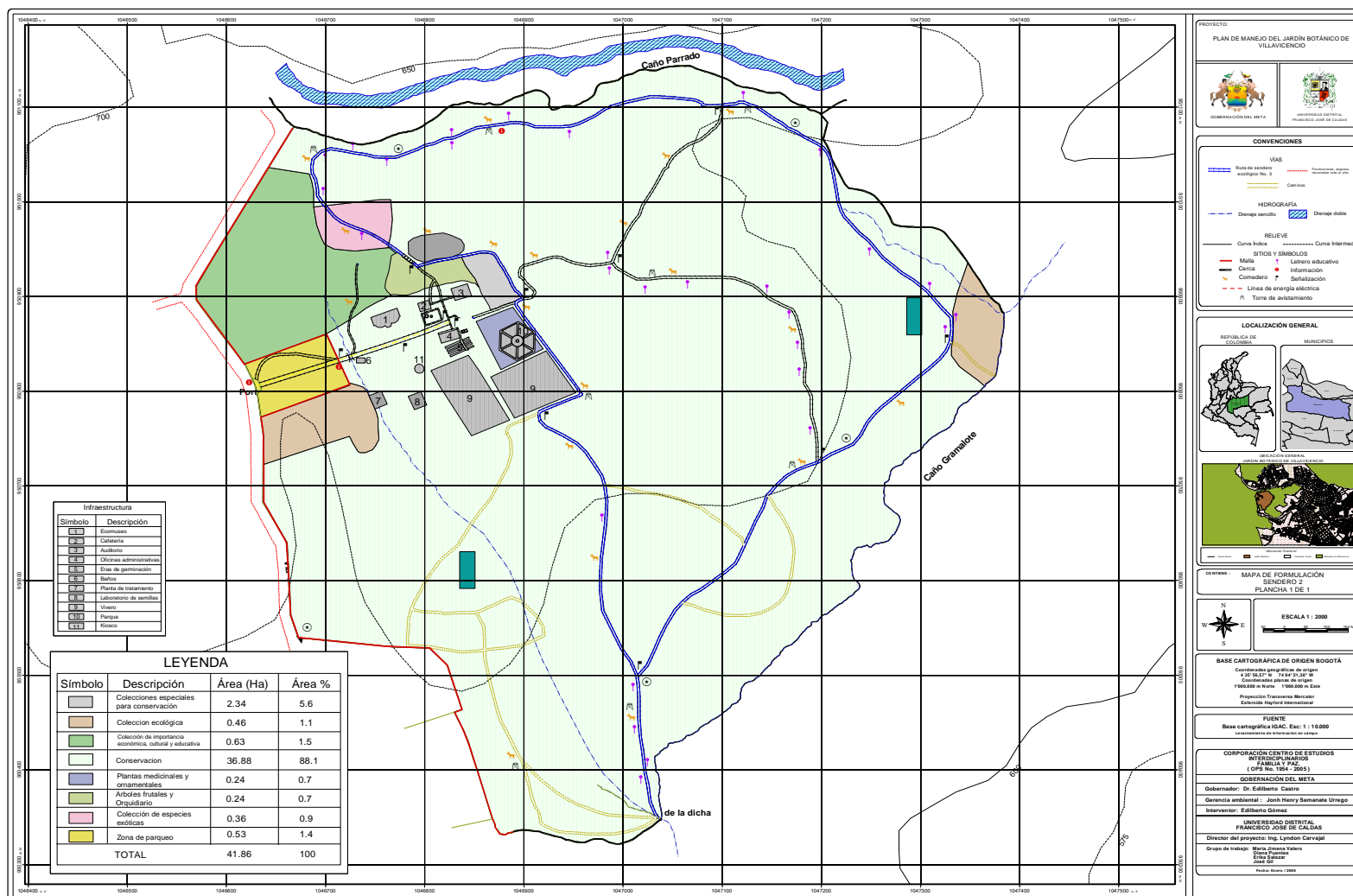
- Schuster, R. 1967. North American Lejeuneaceae X. Harpalejeunea, Drepanolejeunea, and Leptolejeunea. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 83(4), 192-229. Retrieved from
- Schuster, R. M. 1980: The hepaticae and anthocerotae of North America. Vol. 4. New York, Columbia University Press.
- Shevock J. , Lambio L., Tan B. (2011). Collection and Preparation Techniques of Bryophyte Specimens in Biodiversity Inventories. *The coral triangle: hearst biodiversity expedition*. 94118.
- Steege H. y Cornelissen J. 1988. Collecting and studying bryophytes in the canopy of standing rain forest trees. *Methods in bryology. Proc. Bryol. Meth. Workshop, Mainz. Hattori* Pp285-290.
- Uribe J y Gradstein S. 1999. Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 23 (87): 316-318.
- Villareal H; Alvarez M; Córdoba S; Escobar F; Fagua G; Gast F; Mendoza ; Ospina M. y Umaña M. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia. 236 p.
- Wolf, J. 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80(4):928-960.
- Wolf J. 1995. Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montanerain forest (2550-3670 m). Central cordillera. Colombia. *Selbyana*. vol. 16. No. 2. Canopy proceedings (1995). pp. 185-195.

11. ANEXOS

Anexo 1. Mapa Ubicación Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque "BUENAVISTA"



Anexo 2. Mapa Ubicación Jardín Botánico de Villavicencio



Anexo 3. Presencia-Ausencia por Árboles

ESPECIES	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3	Árbol 4	Árbol 5	Árbol 6	Árbol 7
<i>Acrolejeunea torulosa</i>	X	X	-	X	X	X	X
<i>Calypogeia lechleri</i>	X	X	-	X	X	-	X
<i>Campylopus</i>	X	X	-	X	X	-	X
<i>Ceratolejeunea cornuta</i>	X	X	X	X	X	-	-
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cheilolejeunea trifaria</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cololejeunea jamesii</i>	-	X	-	-	X	-	-
<i>Fissidens guianensis</i>	-	X	X	-	-	-	-
<i>Frullania brasiliensis</i>	-	-	-	-	X	X	X
<i>Frullania caulisequa</i>	X	X	X	X	-	X	X
<i>Harpalejeunea stricta</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Kymatocalyx dominicensis</i>	X	-	-	-	-	-	-
<i>Lejeunea flava</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leptoscyphus porphyrius</i>	-	X	-	-	X	-	X
<i>Leucobryum martianum</i>	-	-	-	-	X	-	-
<i>Leucomium strumosum</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Lophocolea liebmanniana</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Metzgeria ciliata</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Microlejeunea bullata</i>	X	X	-	-	-	-	-
<i>Octoblepharum pulvinatum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratolejeunea cubensis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Plagiochila raddiana</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Plagiochila montagnei</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Lejeunea aphanes</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>	-	-	X	-	-	-	-
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sematophyllum subsimplex</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Symbiezidium barbiflarum</i>	X	-	X	-	-	-	-
<i>Syrrhopodon africanus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>	X	X	X	X	X	-	X
<i>Syrrhopodon ligulatus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Syrrhopodon prolifer</i>	-	-	-	-	X	-	-
<i>Telaranea nematodes</i>	X	X	-	-	X	-	X

Anexo 4. Presencia-Ausencia por Zonas Johansson

ESPECIE	Zona 1	Zona 2a	Zona 2b	Zona 3	Zona 4	Zona 5
<i>Acrolejeunea torulosa</i>	-	-	-	X	X	X
<i>Calypogeia lechleri</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Campylopus sp</i>	X	X	X	X	X	-
<i>Ceratolejeunea cornuta</i>	X	X	X	-	X	X
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Cheilolejeunea trifaria</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Cololejeunea jamesii</i>	X	X	-	-	-	-
<i>Fissidens guianensis</i>	X	X	X	-	-	-
<i>Frullania brasiliensis</i>	-	-	-	-	X	-
<i>Frullania caulisequa</i>	-	-	-	X	X	X
<i>Harpalejeunea stricta</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Kymatocalyx dominicensis</i>	X	X	-	-	-	-
<i>Lejeunea flava</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Leptoscyphus porphyrius</i>	-	X	X	X	X	-
<i>Leucobryum martianum</i>	X	X	-	-	-	-
<i>Leucomium strumosum</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Lophocolea liebmanniana</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Metzgeria ciliata</i>	-	X	-	X	X	X
<i>Microlejeunea bullata</i>	-	-	-	-	X	X
<i>Octoblepharum pulvinatum</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratolejeunea cubensis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Plagiochila montagnei</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Plagiochila raddiana</i>	X	X	X	X	-	-
<i>Lejeunea aphanes</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>	-	-	-	X	X	-
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	-	-	X	-	X	X
<i>Sematophyllum subsimplex</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Symbiezidium barbiflarum</i>	X	X	X	-	-	-
<i>Syrrhopodon africanus</i>	-	-	-	X	X	X
<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>	X	X	X	-	-	X
<i>Syrrhopodon ligulatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Syrrhopodon prolifer</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Telaranea nematodes</i>	X	X	-	-	-	-

Anexo 5. presencia-Ausencia Ubicación

Especies	Norte	Sur	Oeste	Este	I1	I2	S1	S2	S3
<i>Acrolejeunea torulosa</i>	-	X	-	-	X	X	-	X	X
<i>Calypogeia lechleri</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Campylopus</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratolejeunea cornuta</i>	X	X	X	X	-	X	X	-	X
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cheilolejeunea trifaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cololejeunea jamesii</i>	X	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Fissidens guianensis</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Frullania brasiliensis</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	X
<i>Frullania caulisequa</i>	-	X	-	X	X	X	X	X	X
<i>Harpalejeunea stricta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Kymatocalyx dominicensis</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Lejeunea flava</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leptoscyphus porphyrius</i>	X	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Leucobryum martianum</i>	-	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Leucomium strumosum</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Lophocolea liebmanniana</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Metzgeria ciliata</i>	-	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Microlejeunea bullata</i>	-	-	-	-	X	X	X	X	X
<i>Octoblepharum pulvinatum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceratolejeunea cubensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Plagiochila raddiana</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Plagiochila montagnei</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Lejeunea aphanes</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	X
<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	X	-	-	-	X	X	X	X	X
<i>Sematophyllum subsimplex</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Symbiezidium barbiflarum</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Syrrhopodon africanus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>	X	X	X	X	X	X	-	-	-
<i>Syrrhopodon ligulatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	X
<i>Syrrhopodon prolifer</i>	-	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Telaranea nematodes</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-

Anexo 6. Nombres usados para análisis de correspondencia

Nombre	Nombre Científico
<i>Acro_tor</i>	<i>Acrolejeunea torulosa</i>
<i>Caly_lech</i>	<i>Calypogeia lechleri</i>
<i>Campy</i>	<i>Campylopus</i> sp
<i>Cera_cor</i>	<i>Ceratolejeunea cornuta</i>
<i>Chei_rigi</i>	<i>Cheilolejeunea rigidula</i>
<i>Chei_tri</i>	<i>Cheilolejeunea trifaria</i>
<i>Colo_jame</i>	<i>Cololejeunea jamesii</i>
<i>Fiss_gui</i>	<i>Fissidens guianensis</i>
<i>Fru_bra</i>	<i>Frullania brasiliensis</i>
<i>Frull_para</i>	<i>Frullania caulisequa</i>
<i>Har_stric</i>	<i>Harpalejeunea stricta</i>
<i>Kym_dom</i>	<i>Kymatocalyx dominicensis</i>
<i>Lejeu fla</i>	<i>Lejeunea flava</i>
<i>Lep_por</i>	<i>Leptoscyphus porphyrius</i>
<i>Leu_mar</i>	<i>Leucobryum martianum</i>
<i>Leu_str</i>	<i>Leucomium strumosum</i>
<i>Lop_lie</i>	<i>Lophocolea liebmanniana</i>
<i>Metz_cili</i>	<i>Metzgeria ciliata</i>
<i>Mic_bull</i>	<i>Microlejeunea bullata</i>
<i>Octo_pul</i>	<i>Octoblepharum pulvinatum</i>
<i>Oti_huct</i>	<i>Ceratolejeunea cubensis</i>
<i>Plag_rad</i>	<i>Plagiochila raddiana</i>
<i>Pla_mon</i>	<i>Plagiochila montagnei</i>
<i>Pri_sp</i>	<i>Lejeunea aphanes</i>
<i>Rha_tri</i>	<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>
<i>Schi_poly</i>	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>
<i>S_sub_m</i>	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>
<i>S_sub_x</i>	<i>Sematophyllum subsimplex</i>
<i>Sym_bar</i>	<i>Symbiezidium barbiflarum</i>
<i>Syrr_afri</i>	<i>Syrrhopodon africanus</i>
<i>Syrr_cryp</i>	<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>
<i>Syrr_lig</i>	<i>Syrrhopodon ligulatus</i>
<i>Syrr_pro</i>	<i>Syrrhopodon prolifer</i>
<i>Tela_nema</i>	<i>Telaranea nematodes</i>

Anexo 7. Listado de la especies por grupo, especies especialistas de sombra, especialista de luz y especies generalistas. *especies exclusivas de la zona uno. + *Frullania brasiliensis* exclusiva a la zona cuatro.

Grupos	Especies
Especies especialistas de sombra	<i>Calypogeia lechleri</i> *
	<i>Cololejeunea jamesii</i>
	<i>Fissidens guianensis</i>
	<i>Kymatocalyx dominicensis</i>
	<i>Lejeunea aphanes</i> *
	<i>Leucobryum martianum</i>
	<i>Leucomium strumosum</i> *
	<i>Lophocolea liebmanniana</i> *
	<i>Plagiochila montagnei</i> *
	<i>Symbiezidium barbiflarum</i>
	<i>Syrrhopodon prolifer</i> *
	<i>Telaranea nematodes</i>
Especies especialistas de luz	<i>Acrolejeunea torulosa</i>
	<i>Frullania brasiliensis</i> +
	<i>Frullania caulisequa</i>
	<i>Microlejeunea bullata</i>
	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>
	<i>Syrrhopodon africanus</i>
Especies generalistas	<i>Ceratolejeunea cornuta</i>
	<i>Campylopus</i> sp
	<i>Ceratolejeunea cubensis</i>
	<i>Cheilolejeunea rigidula</i>
	<i>Cheilolejeunea trifaria</i>
	<i>Harpalejeunea stricta</i>
	<i>Lejeunea flava</i>
	<i>Leptoscyphus porphyrius</i>
	<i>Metzgeria ciliata</i>
	<i>Octoblepharum pulvinatum</i>
	<i>Plagiochila raddiana</i>
	<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>
	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>
	<i>Sematophyllum subsimplex</i>
	<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>
	<i>Syrrhopodon ligulatus</i>

CAPÍTULO 2:

ARTICULO CIENTIFICO

Artículo científico resultado de investigación en formato de la revista Acta Biológica.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE BRIÓFITOS EN UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE LA RESERVA FORESTAL BUENAVISTA, VILLAVICENCIO- META

Yeison Jaroc LOMBO SANCHEZ¹, Karen Yuliana SUAREZ CONTENITO¹, Mónica MEDINA

MERCHAN¹, Wilson Ricardo ÁLVARO ALBA².

¹. Universidad de los Llanos. Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías. Programa de Biología. Km.12 vía Puerto López, Vereda Barcelona. Villavicencio. Meta. ² Instituto SINCHI.

RESUMEN

Los briófitos son de gran importancia a nivel biológico ya que prestan una variedad de servicios ecosistémicos, actúan como indicadores de contaminación atmosférica, además pueden absorber agua y minerales que los convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica. Sin embargo a pesar de la importancia ecológica, en la Orinoquia Colombiana los estudios sobre los briófitos son escasos debido a la falta de muestreo. Con el fin de establecer la distribución vertical de briófitos epífitos en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Buenavista se realizó un análisis de la distribución vertical siguiendo la metodología propuesta por Gradstein et al., (2003), cada árbol se dividió en cinco zonas verticales según Johansson (1974). Se muestrearon 7 árboles y se realizaron 348 levantamientos en los cuales se obtuvo el registro de 1048 briófitos, donde el 53% corresponde a hepáticas y el 47% pertenece a musgos. Se identificaron en total 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), donde hay dos reporte nuevo para Colombia perteneciente a la familia Lejeuneaceae (*Cololejeunea jamesii* (Austin) M.E. Reiner y Pócs y *Lejeunea aphanes* Spruce) 14 reportes nuevos para la región de la Orinoquia y 17 para el

departamento del Meta. Para este trabajo se concluyó que en el bosque húmedo tropical se evidenció una clara diferenciación en la composición de las comunidades de briófitos epífitos a través del gradiente vertical, siendo así, la zona 1 según Johansson (1974) la que registró mayor diversidad y la zona 5 la que presentó menor diversidad.

Palabras clave: Briófitos epífitos, distribución vertical, composición, Meta.

ABSTRACT

Bryophytes are of great importance at a biological level because they can provide a variety of ecosystem services, act as indicators of atmospheric pollution, and also they can absorb water and minerals what make them important regulators of water availability. However, despite the ecological importance, in the Colombian Orinoquia, studies on bryophytes are due to the lack of sampling. In order to establish the vertical distribution of epiphytic bryophytes in a humid tropical forest of the Buenavista Forest Reserve, an analysis of the vertical distribution was carried out following the methodology proposed by Gradstein et al. (2003), each tree was divided into five vertical zones according to Johansson (1974). Seven trees were sampled and 348 uprisings were made, in which 1048 records of bryophytes were collected, where 53% correspond to liverworts and 47% belong to mosses. A total of 34 species of epiphytic bryophytes (12 mosses, 22 hepatics) were identified, where there is a new report for Colombia, which belongs to the Lejeuneaceae family (*Cololejeunea jamesii* (Austin) ME Reiner and Pócs y *Lejeunea aphanes* Spruce), 14 new reports for the Orinoquia region and 17 for the department of Meta. It was concluded that in the tropical humid forest there was a clear differentiation in the composition of the

epiphytic bryophyte communities through the vertical gradient, being the zone 1 according to Johansson (1974) the one with the greatest diversity and the zone 5 the one with less diversity.

Keywords: Epiphytic bryophytes, vertical distribution, composition, Meta.

INTRODUCCION

La amplia distribución de los briófitos epífitos sobre los árboles es una de las razones que explica la alta diversidad de epífitas en los bosques (Acebey y Krömer, 2001), por esta razón es importante entender los mecanismos de relación entre las especies epífitas y su hospedero para establecer como es la distribución vertical de estas plantas en los bosques. Mota *et al.*, (2009) consideran que la distribución de las especies epífitas dependen de condiciones ambientales como la temperatura, humedad, pH y luz, además de la textura del hospedero y la porosidad de su corteza.

Gil y Morales (2013) evidenciaron que la mayor diversidad de briófitos epífitos se encuentran en la parte basal del tronco debido a condiciones microambientales como la baja cantidad de luz y la alta humedad, mientras que Ruiz y Aguirre (2004), Goda (2009a) y Mota *et al.*, (2009) encontraron que la zona del dosel inferior tiene los más altos valores de riqueza mientras que la base del tronco tiene los valores más bajos. Wolf (1995) analizó el desarrollo estructural de las comunidades de briófitos en las zonas altas de los árboles encontrando que hay más riqueza en la copa exterior de los árboles. Estos estudios demuestran que las preferencias en la distribución de los briófitos epífitos han sido difíciles

de estimar ya que dependen de la estructura y las condiciones ambientales de los bosques en los que habitan (Mota *et al.*, 2009).

En la Orinoquia Colombiana los briófitos han sido poco estudiados y subestimados debido a su pequeño tamaño, al desconocimiento de su importancia ecológica y a las dificultades de muestrear en el dosel del bosque (Gradstein *et al.*, 2003). En esta región no se tiene información sobre la distribución de las especies de briófitos epífitos en un gradiente vertical ya que la mayoría de los estudios que se han realizado están muy sesgados debido a la falta de muestreo a lo largo del gradiente vertical en los árboles (Gradstein *et al.*, 2001; Romanski *et al.*, 2011).

En la región de la Orinoquia se ha evidenciado una constante degradación y transformación del paisaje producida por la deforestación causada por la expansión urbana, agrícola, ganadera y por la sobreexplotación de los recursos naturales (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena y Fundación Biocolombia SAy S., 2012). Todo esto conlleva a la pérdida de cobertura boscosa, de biodiversidad, a la disminución de la oferta de servicios ecosistémicos y a la alteración en la dinámica de los ecosistemas (Meli, 2003). Esta situación conlleva a una alteración en las poblaciones de briófitos ya que su estado de conservación se ve ligado al grado de amenaza de las coberturas vegetales sobre las cuales se establecen (Aguirre y Rangel, 2007). Algunos autores como Uribe y Gradstein (1999), Fotosíntesis (2012), Morales *et al.*, (2012) y Rincón *et al.*, (2014) han realizado estudios de las especies de briófitos que aportan datos preliminares sobre su diversidad en la región de la Orinoquia. Uribe y Gradstein (1999) y Rincón *et al.*, (2014) recomiendan realizar más exploraciones biológicas a varias

localidades con formaciones vegetales boscosas y así incrementar los datos de riqueza para la Orinoquia Colombiana.

Teniendo en cuenta la pérdida de diversidad y la falta de información sobre las comunidades de briófitos en el gradiente vertical, este proyecto de investigación pretende establecer la distribución vertical de briófitos epífitos en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, Villavicencio-Meta para realizar aportes al conocimiento sobre la diversidad y ecología de los briófitos en la Orinoquia Colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en el Jardín botánico de Villavicencio que ocupa 42 hectáreas y se encuentra ubicado en el barrio Mesetas dentro de la Reserva Forestal protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque en las coordenadas 4°9' N y 73°39' W. Según la clasificación de Holdridge *et al.*, (1971) el área de muestreo se ubica en un bosque húmedo tropical (bh-T). La vegetación presente en el área de muestreo, representa un estado sucesional incipiente (Bosque secundario). En Villavicencio se observa un régimen de precipitación monomodal. Los meses de diciembre (156.2 mm), enero (63.9 mm), febrero (116 mm) y marzo (226.7 mm) representan la época seca. La humedad relativa varía entre 69 % y 83%, la temperatura media mensual es de 25 (Carbajal *et al.*, 2006).

MÉTODOS.

Los muestreos se realizaron de acuerdo a la metodología propuesta por Gradstein *et al.*, (2003). Se delimitó una hectárea de bosque y se seleccionaron siete árboles que corresponden a las siguientes especies: *Cybianthus* cf. *idroboi* Pipoly (Primulaceae), *Clusia rosea* Jacq (Clusiaceae), *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire *et al.* (Araliaceae), *Stylogyne* cf. *turbacensis* (Kunth) Mez (Primulaceae), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg (Euphorbiaceae), *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) y *Piptadenia flava* (DC.) Benth (Fabaceae), estos árboles estaban separados por una distancia mínima de 25 metros. Se seleccionaron árboles con las siguientes características: árboles en buen estado fitosanitario, con DAP entre 30 y 89 cm, de altura promedio de 30 m. Para obtener una aproximación más acertada de la diversidad de los briófitos epífitos se requirió el muestreo de árboles desde la base hasta el dosel (Gradstein, *et al.*, 2003), para el ascenso a dosel se utilizó la técnica de la cuerda sola, usando cuerdas y equipos modificados de alpinismo (Perry, 1978) en donde cada árbol se subdividió en cinco zonas verticales según Johansson (1974): la zona uno corresponde a la base del tronco, la zona dos corresponde al tronco y se divide en: Zona dos-a (parte inferior del tronco) y Zona dos-b (parte superior del tronco), la Zona tres corresponde al dosel intermedio, la zona cuatro al dosel medio y la zona cinco al dosel externo. La diversidad de especies de briófitos epífitos se obtuvo mediante el análisis de pequeñas áreas dentro de cada zona Johansson (1974). Las áreas en zonas uno a tres fueron de 30 cm x 20 cm colocados al azar en cada dirección cardinal (N, W, S, E) y las áreas en las zonas cuatro y cinco fueron de 60 cm de largo, ubicadas dos en la parte inferior de la rama y tres en la superior (Holz *et al.*, 2001). Todos los ejemplares colectados se

determinaron al nivel taxonómico posible mediante la utilización de claves, literatura especializada y la consulta de especialistas para cada grupo, posteriormente las colecciones fueron depositadas en el Herbario LLANOS.

ANÁLISIS DE DATOS.

A partir de esta información se realizaron tablas y graficas que muestran el número de especies por familia y género para cada zona Johansson (1974) con el fin de hacer comparaciones y determinar las zonas con mayor riqueza de briófitos.

Se construyó una curva de acumulación de especies con los estimadores ICE, Chao 1, Chao 2, Bootstrap, Jack 1, Uniques y Dupliques donde se evaluó el número total de las especies que se encontraron en el área de estudio con respecto a la unidad de muestreo, (Villareal *et al.*, 2004), lo que en este caso corresponde al número de especies por levantamiento. La curva de acumulación de especies fue realizada en el software EstimateS 9.1.0

Se aplicaron los índices de riqueza específica de Margalef (DMg), índices de equidad Shannon-Wiener (H') y Pielou; Índices de dominancia Simpson y Berger-Parker (d) y el índice de similaridad de Jaccard (Villareal *et al.*, 2004 y Moreno 2001). Finalmente se realizó un análisis clúster para determinar la relación entre las zonas y las ubicaciones según la ausencia-presencia de las especies usando el índice de Jaccard, para esto se utilizó el programa estadístico PAST (Versión 3.0). Se realizó un análisis de correspondencia simple usando las zonas del árbol establecidas por Johansson (1974) y la frecuencia de las especies en cada árbol usando el programa estadístico PAST (Versión 3.0). (Villareal *et al.*, 2004 y Moreno, 2001).

RESULTADOS

COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.

Riqueza.

En los siete árboles muestreados se realizaron 348 levantamientos en los cuales se colectaron 1048 registros de briófitos (Figura 1), donde el 53% corresponde a hepáticas y el 47% pertenece a musgos. Se registran 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), pertenecientes a 14 familias y 26 géneros (Tabla 1).

Se colectaron 556 muestras de Hepáticas distribuidas en siete familias, 17 géneros y 22 especies de los cuales el 95% son foliosas y el 5% talosas. Las familias de hepáticas con mayor número de géneros y especies son: Lejeuneaceae (nueve géneros, 12 especies), Lophocoleaceae (tres géneros, tres especies), Frullaniaceae (un género, dos especies) y Plagiochilaceae (uno género, dos especies). Los géneros representativos fueron *Cheilolejeunea*, *Ceratolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila* con dos especies cada uno. Para los musgos se colectaron 492 muestras, distribuidas en siete familias, 8 géneros y 12 especies. Las familias de musgos con mayor riqueza son: Calymperaceae (cuatro especies), Dicranaceae (dos especies) y Sematophyllaceae (dos especies). Los géneros representativos fueron *Syrrhopodon* con cuatro especies y *Sematophyllum* con dos.

La riqueza de especies fue más alta en el árbol cinco, *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) con 27 especies; seguido de el árbol tres, *Schefflera morototoni* (Araliaceae) y siete, *Piptadenia flava* (Fabaceae) Con 26 especies; el árbol dos, *Clusia rosea* (Clusiaceae) con 24 especies; el árbol uno, *Cybianthus* cf. *Idroboi* (Primulaceae) con

22 especies; el árbol cuatro, *Stylogyne* cf. *Turbacensis* (Primulaceae) con 21 especies y el árbol seis, *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) con 20 especies.

El árbol tres registró siete especies únicas *Leucomium strumosum*, *Lophocolea liebmanniana*, *Metzgeria ciliata*, *Plagiochila raddiana*, *Plagiochila montagnei*, *Schiffneriolejeunea polycarpa* y *Lejeunea aphanes* seguido del árbol cinco con dos especies *Leucobryum martianum* y *Syrrhopodon prolifer* y por último el árbol uno con una especie *Kymatocalyx dominicensis*.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL.

Riqueza de especies por zona.

La zona uno presenta la mayor riqueza con 25 especies (13 familias, 21 géneros), seguido de la zona dos-a, con 21 especies (11 familias, 20 géneros); la zona cuatro, con 20 especies (9 familias, 17 géneros); la zona dos b, con 17 especies (10 familias, 15 géneros); la zona tres, con 17 especies (11 familias, 15 géneros) y la zona cinco, con 17 especies (7 familias, 14 géneros) (Tabla 2). La familia con mayor número de registros para las Hepáticas fue Lejeuneaceae (45%) y para los musgos Calymperaceae (16%). El número de especies de las hepáticas fue mayor en todas las zonas en comparación a las especies de musgos.

Riqueza de especies por Ubicación.

Para las zonas uno, dos y tres se encontraron en la ubicación Norte 25 especies con 173 registros; ubicación Sur 23 especies con 173 registros; Oeste 23 especies con 180 registros y la ubicación Este con 28 especies y 181 registros; para las zonas cuatro y cinco la

ubicación Inferior uno presento 19 especies con 72 registros; Inferior dos, 19 especies con 72 registros; Superior uno, 16 especies con 67 registros; Superior dos, 14 especies con 61 registros y Superior tres, 18 especies y con 69 registros. En la ubicación Este se encontraron dos especies restringidas: *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei*. La especie *Lejeunea aphanes* se reportó en la ubicación Norte.

Índices de Diversidad alfa.

Según el Índice de diversidad Margalef (DMg) el mayor valor se obtuvo en la zona uno (0,6225) y la de menor es la zona dos-b (0.5474), Para el Índice de Shannon-Wiener (H') se observa mayor diversidad en la zona cuatro. La equidad de Pielou indica un mayor valor en la zona cuatro (0,8972), y menor en la zona dos-b (0,5886). Según la Diversidad de Simpson se tiene mayor diversidad en la zona uno ($1-D=0,9314$) y menor en zona cinco (0,9063).

Según el Índice de Shannon-Wiener (H') los valores obtenidos por zonas muestran una poca diversidad. El índice de equidad de Pielou se refiere a que las especies de las zonas tengan la misma cantidad de registros, se mide en una escala de cero a uno, más cercano a uno indica que la cantidad de registros para la mayoría o para todas las especies es igual. En la zona donde las cantidades de registros por especies son semejantes es la zona cuatro (0.8972), y donde se presenta mayor diferencia es la zona dos b (0.5886). A pesar que en la zona cinco se tiene menor riqueza de especies, el Índice de Berger-Parker indica que es la zona con mayor dominancia con un valor de 0,1917, por otra parte la zona que tiene mayor riqueza de especies es la que menor dominancia tiene con un valor de 0,1193 (Tabla 6).

Este índice se establece entre un valor de cero a uno, donde cercano a 1 indica mayor cantidad de registros que pertenecen a una especie. A continuación se muestra las especies que presentan un mayor registro por zonas y el porcentaje del índice: zona uno: el 11.93% pertenece a *Rhacopilopsis trinitensis*; zona dos a: el 14.61% pertenece a *Octoblepharum pulvinatum*; zona dos b: el 14.69% pertenecen a *Syrrhopodon ligulatus*; zona tres: el 13.64% pertenecen a *Harpalejeunea stricta*; zona cuatro: el 13.12% pertenece a *Ceratolejeunea cubensis*; zona cinco: el 19.63% pertenece a *Lejeunea flava*.

Análisis de clúster por zonas (Índice beta de Jaccard).

Se realizó un análisis de clúster para determinar la relación entre las zonas según la presencia-ausencia de las especies. Las zonas con mayor semejanza son la tres y cuatro (índice de Jaccard: 0.7619), estas a su vez, son semejantes a la zona cinco; la zona dos a y dos b también son muy semejantes con un índice de Jaccard: 0.7273 y estas son a su vez semejantes a la zona uno (Figura 2a).

Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).

Se realizó un análisis de clúster para determinar la semejanza entre las ubicaciones de los árboles, con base en los resultados obtenidos aplicando el índice de Jaccard. Las ubicaciones con mayor semejanza fueron la superior uno y superior tres con 16 especies compartidas. A su vez se observa semejanza con la ubicación inferior dos, inferior uno y superior dos. Por su parte la zona Sur y Oeste comparten 21 especies, las cuales presentan semejanza con la ubicación Este y Norte (Figura 2b).

Análisis de correspondencia.

Se realizó un análisis de correspondencia para visualizar la relación de presencia-ausencia entre las especies y las zonas Johansson (1978); si la especie (punto azul) está más cerca de una zona (punto rojo) indica que está presente en la ubicación de la zona; si la especie (punto azul) está más lejos de la ubicación de una zona (punto rojo) significa que la especie está ausente (Figura 3).

Para la zona uno se registraron únicamente estas especies *Leucomium strumosum*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Lophocolea liebmanni*, *Syrrhopodon prolifer* y *Calypogeia lechleri*. *Frullania brasiliensis* fue encontrada únicamente en la zona cuatro, *Microlejeunea bullata* se registró solo en las zonas cuatro y cinco sobre el dosel medio y externo, en las zonas tres, cuatro y cinco las especies *Acrolejeunea torulosa*, *Syrrhopodon africanus* y *Schiffneriolejeunea polycarpa*. (Figura 3).

Con el análisis de correspondencia se identificaron tres grupos con base en los datos de presencia-ausencia de las especies encontradas (Figura 3). El primer grupo está conformado por las especies epifitas especialistas de sombra, con ocho hepáticas y cuatro musgos en el segundo grupo son las especies epifitas especialistas de luz, con cinco hepáticas y un musgo y el tercer grupo que está conformado por las especies generalistas, estas especies en su gran mayoría se registraron en todas las zonas con nueve hepáticas y siete musgos (Tabla 4).

NUEVOS REPORTES.

Se encontraron 14 nuevos registros para la región de la Orinoquía (13 hepáticas y dos musgos); además, se destaca a *Cololejeunea jamesii* y *Lejeunea aphanes* como novedad corológica para el país. En este trabajo se sigue la propuesta de división geografía de Rangel et al., (1995) en donde la región de la Orinoquia Colombiana comprende localidades de los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada. Para el departamento del Meta se tienen 17 nuevos reportes, 14 especies de hepáticas pertenecientes a las familias Calypogeiaceae, Frullaniaceae, Lejeuneaceae y Lophocoleaceae. Para los musgos se tienen 3 nuevos registros, pertenecientes a la familia Calymperaceae. Las especies *Microlejeunea bullata* y *Syrrhopodon ligulatus* se encuentran reportadas para la Orinoquia Colombiana en el departamento de Casanare según Rincón *et al.*, 2015; en este trabajo se reportan como nuevos registros para el departamento del Meta.

DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN DE BRIÓFITOS EPÍFITOS.

Riqueza.

En este estudio se encontraron 34 especies de briófitos en los siete árboles muestreados desde la base hasta el dosel. Se registraron 22 especies de hepáticas que corresponden al 3,1 % de las especies presentes en el país y 12 especies de musgos que corresponden al 1,3 % (Bernal *et al.*, 2015).

La familia de hepáticas más representativa fue Lejeuneaceae con 12 especies que equivale al 54% de las hepáticas reportadas en este estudio, esto concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios similares como: Mota *et al.*, (2009); Mota y Steege (2013) y Campos *et al.*, (2015), donde la familia Lejeuneaceae es la que presenta una mayor diversidad. Los géneros con mayor número de especies son *Cheilolejeunea*, *Ceratolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila*.

En los musgos la familia más representativa fue Calymperaceae con cuatro especies que equivale al 33% de las especies presentes en este estudio, esto corresponde al patrón de riqueza en la Orinoquia, pero a nivel nacional las familias de musgos más representativas son diferentes, siendo Dicranaceae, Pilotrichaceae Bartramiaceae y Orhotrichaceae las más diversas (Rincón, 2014), esto se debe a que la mayoría de las especies de estas familias tienen preferencia por otros sustratos como suelo, rocas y madera en descomposición. El género con mayor número de especies fue Syrrhopodon, esto corresponde a lo mencionado por Rincón (2014) donde este género es el más diverso en la región y a nivel nacional.

El estado de conservación de la mayoría de las especies registradas en este estudio, se encuentran en la categoría de no evaluadas y solo dos especies se encuentran en estado vulnerable según las categorías de la UICN, estas especies son: *Syrrhopodon africanus* y *Kymatocalyx dominicensis*, además estas especies corresponden a reportes nuevos para la región de la Orinoquia (Linares y Uribe, 2002; Aguirre y Rangel, 2007; Rincón *et al.*, 2014). El aumento en las localidades de estas especies, permite obtener una visión más clara de su distribución y así aportar al estado de conocimiento de la conservación de estas especies.

Curva de acumulación de especies.

En cuanto a la representatividad del muestreo se obtuvo un 94,5% de las especies esperadas según el estimador de Chao 1, el 94,6% con el estimador Chao 2, 93,1% según Bootstrap, 90,2% según ICE y 87,4 % según Jack 1 (Figura 1); esto concuerda con algunos estudios que confirman que muestreando cinco árboles se obtiene el 75% de la diversidad total de las especies (Gradstein 1992, 1996; Gradstein et al., 2003). Montfoor y Ek (1990) encontraron que muestreando cinco árboles se colectaba el 75% de las especies presentes en un bosque lluvioso en la Guayana Francesa, en cambio Cornelissen y Steege (1989) en un bosque seco en Guyana con cinco árboles solo colectó el 42% de las especies esperadas. Wolf (1993) en un bosque montano de Colombia evidenció que con cuatro árboles se obtenía una buena representatividad de las especies presentes. En el presente estudio con siete árboles se colectó el 95% de las especies esperadas lo que indica una buena representatividad del muestreo para el área de estudio.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

Riqueza de especies por zona.

La zona uno fue la que presentó una mayor riqueza, esto concuerda con los resultados obtenidos por Cornelissen y Steege (1989) y Gil y Morales (2013) donde evidencian una mayor presencia de especies en el tronco. Según el índice de diversidad de Margalef (DMg) y el índice de diversidad de Simpson (1-D) esta zona es la de mayor riqueza con un valor de 0,6225 y 0,9314 respectivamente. Se encontraron 12 especies restringidas al tronco, zonas uno, dos a y dos b de los árboles, de las cuales seis solo se encontraron en la zona uno, base

del tronco del árbol: *Calypogeia Lechleri*, *Lophocolea liebmanniana*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Leucomium strumosum* y *Syrrhopodon prolifer*, esto concuerda con lo evidenciado por Campos L. (2016) en donde esta zona presenta el mayor número de especies restringidas.

El establecimiento de más especies en esta zona de los árboles puede ser explicado por las condiciones ambientales del microhábitat ya que la humedad, la disponibilidad de sustrato, y las reservas de nutrientes son altas en las zonas bajas de los árboles (Cornelissen y Steege, 1989 y Mota, 2009). La alta riqueza de especies en esta zona también puede ser explicada por la proximidad con otros sustratos como rocas, suelo y madera en descomposición lo que causa una distribución continua de las especies desde el suelo hasta la base del árbol, esta dispersión se da por la migración de propágulos o esporas (Wolf, 1993).

La disponibilidad de luz también es un factor importante y debido a que el dosel de los árboles en el bosque del Jardín Botánico no es tan cerrado posiblemente no es un factor limitante para las especies, dado que en los bosques que presentan un dosel abierto las especies típicas de las zonas altas pueden realizar un descenso al suelo (Wolf, 1993; Acebey *et al.*, 2003), contrario a los resultados obtenidos por Ruiz y Aguirre (2004); Mota (2009); Goda (2009b) y Gehrig *et al.*, (2013) donde evidenciaron más riqueza en las zonas del dosel de los árboles, pero el tipo de dosel presente en estos estudios era más cerrado y la disponibilidad de luz disminuía en la base de los árboles.

La zona cinco fue la que tuvo menor riqueza, esto se debe a que las especies presentes en las zonas altas de los árboles tienen tolerancia a las condiciones extremas del dosel como: la alta disponibilidad de luz, la alta temperatura y la velocidad del viento; también la apertura del dosel de los árboles, puede producir que especies de las zonas altas desciendan a las zonas bajas de los árboles (Wolf, 1993). Se tienen seis especies que se encuentran restringidas al dosel, zonas tres, cuatro y cinco: *Acrolejeunea torulosa*, *Frullania brasiliensis*, *Frullania caulisequa*, *Microlejeunea bullata*, *Schiffneriolejeunea polycarpa* y *Syrrhopodon africanus*. Esto se debe a que poseen adaptaciones morfológicas y anatómicas que permiten el establecimiento en estas zonas. Por ejemplo las especies del género *Frullania* son características de sitios expuestos del dosel porque toleran mejor la desecación (Glime, 2006; Romero *et al.*, 2006; Campos, 2016), ya que poseen una pigmentación oscura que hace que sean más tolerantes a la intensidad lumínica y la presencia de lobulillos de forma cilíndrica que permiten captar y retener agua (Cornelissen y Steege, 1989). Algunas especies de la familia Lejeuneaceae poseen adaptaciones morfológicas que le permiten tener reservorios de agua como los lobulillos inflados y ornamentados con dientes que pueden absorber y retener agua (Glime, 2006). En otros grupos como *Syrrhopodon* la presencia de papilas crea un espacio muerto que reduce la pérdida de agua y ayuda a frenar la desecación (Proctor, 1984), también la costa pronunciada crea un canal de transporte y reservorio de agua (Frahm 1985 y Glime, 2006).

Para desarrollar estas adaptaciones que les permiten soportar las condiciones microambientales y establecerse en las copas de los árboles los briofitos necesitan mucho tiempo (Holz y Gradstein, 2005) y debido a que el bosque presente en el Jardín botánico es

joven, las especies presentes en estas zonas de los árboles son escasas en comparación con los trabajos de Ruiz y Aguirre (2004); Mota (2009); Goda (2009b) y Gehrig *et al.*, (2013) donde el mayor número de especies se observó en el dosel. Se consideran generalistas 16 especies de briófitos ya que, para este trabajo, fueron encontradas en todas las zonas de los árboles muestreados, debido a su fácil adaptación a cambios microclimáticos presentes en cada una de las zonas (Gradstein y Ilkiu-Borges, 2009).

Riqueza de especies por Ubicación (Punto cardinal).

Según Quarterman (1949) para los briófitos epífitos no se han realizado estudios en donde se evidencie un patrón específico de la distribución de las especies relacionado con las exposiciones en diferentes caras de los árboles, la riqueza y la cobertura de la especie solo dependen de la altura y no de su ubicación en los puntos cardinales del árbol (Rasmussen, 1975); sin embargo los briofitos epífitos son más sensibles a las variaciones microclimáticas que la vegetación vascular (Hoffman, 1969), además estas variaciones en el microclima pueden ser de un lugar a otro en el mismo nivel horizontal (Johansson, 1974).

El lado Este de las zonas uno, dos a, dos b y tres, fue en el que más se registraron especies debido a la exposición lumínica constante en comparación a los demás lados del árbol, destacando además la presencia de dos especies exclusivas *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei* en el árbol 3, *Schefflera morototoni* (Araliaceae), zona uno y en la ubicación Este; esto puede ser explicado porque alrededor del árbol se encontraron troncos caídos, vegetación herbácea y arbustiva, además de la proximidad de raíces de *Socratea*

exorrhiza (Mart) H.Wendl que proporcionan un microclima adecuado para que se establezcan estas dos especies, dado que son afines a la humedad y la sombra (Churchill y Linares 1995; Gradstein, 2016).

En cuanto a las zonas de dosel, 4 y 5, se muestrearon cinco áreas de 60 cm de longitud (I. uno, I. dos, S.uno, S. dos y S. tres), la riqueza de especies comparado con el número de individuos fue muy proporcional, de tal manera que no hay diferencias entre las ubicaciones inferiores y superiores.

Análisis de clúster para zonas (índice beta de Jaccard).

El índice de similitud de Jaccard para las zonas de los árboles muestra una relación entre la zona tres y cuatro con el 76% de especies compartidas. Esta relación se explica por la proximidad y la baja variabilidad de las condiciones climáticas de luz y humedad que presentan. Por su parte las zonas dos a y dos b presentan una similaridad del 72%, esto se debe a que la incidencia de exposición lumínica y de humedad no varían en estas zonas (Mota, 2009), obteniendo un microclima adecuado para el establecimiento de las especies. La zona uno a pesar de tener los valores de diversidad más altos fue la que presentó los valores más bajos de similitud con respecto a otras zonas.

Se evidencio una baja similitud entre las especies de la base del árbol y las del dosel medio y externo, esto se debe a que en el dosel superior los briófitos epífitos están expuestos a bajos niveles de humedad y altas temperaturas debido a la intensidad de la radiación solar y la alta velocidad del viento. En contraste con la parte inferior del árbol, donde la humedad

del aire es más alta y la penetración de la luz es menor (Kessler, 2000), esto concuerda con los trabajos de Cornelissen y Steege (1989); Mota (2009) y Campos (2016).

Análisis de clúster para Ubicaciones (Índice beta de Jaccard).

El índice de similitud de Jaccard para las ubicaciones en las zonas uno, dos a, dos b y tres indica que el Sur y Oeste presentan un 84% de similaridad y 21 especies compartidas, esto pueden ser explicado por la cercanía entre estas dos ubicaciones. Para las zonas del dosel cuatro y cinco las ubicaciones que más similitud tienen es la superior uno y superior tres, seguido de inferior dos e inferior uno. La ubicación superior dos fue la que menos porcentajes de similitud obtuvo con respecto a las otras ubicaciones, además esta fue la que menos especies reportó.

CONCLUSIONES

En los 7 árboles muestreados se realizaron 348 levantamientos en los cuales se registraron 1048 briófitos. Se determinaron en total 34 especies de briófitos epífitos (12 musgos, 22 hepáticas), pertenecientes a 14 familias y 26 géneros. La curva de acumulación de especies mostro una alta representatividad del muestreo para el área de estudio, según el estimador Chao 1 fue del 94,5% de las especies esperadas, Chao 2 del 94,6%, Bootstrap: 93,1%, ICE: 90,2% y Jack 1: 87,4%, lo cual representa concordancia entre el esfuerzo de muestreo y la riqueza de especies obtenida.

Se registra a *Cololejeunea jamesii* y *Lejeunea aphanes* de la familia Lejeuneaceae como novedad corológica para el país, además se realizan 14 reportes nuevos para la Orinoquia Colombiana que corresponden a 12 Hepáticas y dos Musgos. Para el departamento del Meta se registran 17 especies, 14 hepáticas y 3 musgos.

La composición de especies de briófitos epífitos a través de un gradiente vertical mostró una evidente diferenciación, especialmente en la zona uno en la que se registró la mayor diversidad, además esta zona reporta el mayor número de especies restringidas: *Calypogeia lechleri*, *Lophocolea liebmanniana*, *Plagiochila montagnei*, *Lejeunea aphanes*, *Leucomium strumosum* y *Syrrhopodon prolifer*. En cuanto al muestreo en los cuatro puntos cardinales de los siete árboles, la ubicación Este registra la mayor diversidad, teniendo como especies exclusivas en este punto a *Leucomium strumosum* y *Plagiochila montagnei*. En cuanto a la similitud entre puntos cardinales, las ubicaciones Sur y Oeste evidenciaron la mayor similitud con un 84%.

Las hepáticas fueron el grupo dominante en todas las zonas Johansson (1974) teniendo el mayor número de especies y registros, la familia más representativa fue Lejeuneaceae y los géneros con mayor riqueza fueron *Ceratolejeunea*, *Cheilolejeunea*, *Frullania*, *Lejeunea* y *Plagiochila*. Para los musgos la familia más representativa fue Calymperaceae y el género más diverso fue *Syrrhopodon*.

Con el análisis de correspondencia se identificaron tres grupos con base en los datos de presencia-ausencia de las especies encontradas (Figura 8). El primer grupo está conformado por las especies epífitas especialistas de sombra, con ocho hepáticas y cuatro musgos en el

segundo grupo son las especies epífitas especialistas de luz, con cinco hepáticas y un musgo y el tercer grupo que está conformado por las especies generalistas, estas especies en su gran mayoría se registraron en todas las zonas con nueve hepáticas y siete musgos (Anexo 7).

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una notable diferenciación en cuanto a diversidad y composición de especies entre la base y el dosel, argumentando de esta manera la importancia de ampliar la unidad de muestreo a través del gradiente vertical.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros directores Mónica Medina y Wilson Ricardo Alba por su paciencia y dedicación. Gracias por su apoyo y motivación durante este proceso. A la Universidad de los Llanos, al Laboratorio de Biología y al Herbario Llanos por el acceso a las instalaciones y préstamo de equipos utilizados en las fases de campo y laboratorio. A la Profesora y directora del Herbario LLANOS, Luz Stella Suárez por sus enseñanzas, apoyo durante nuestras carreras y durante el desarrollo de nuestro trabajo. A Don Gonzalo Herrera auxiliar del Herbario por su amabilidad y la ayuda incondicional durante la estadía en el herbario LLANOS. Al director del Programa de Biología Jorge Pachón, por su interés y compromiso durante toda nuestra carrera y durante el proceso de desarrollo de este trabajo. También por la gestión de los equipos de escalada para el muestreo de los briófitos epífitos. Agradecemos a los especialistas que nos brindaron su colaboración en el proceso de corroboración del material vegetal: Dra. Anna Ilkiv-Borges, PhD. Denilson Peralta, Dra. Elena Reiner-Drehwald, Dr. Jaime Uribe, Dr. Robbert Gradstein, Dr. Tamas Pócs y Msc. A

las Profesoras Luz Mila Quiñones Méndez, Luz Stella Suárez Suárez y Mónica Medina Merchán por la determinación taxonómicas de los árboles.

REFERENCIAS

- Acebey A. y Krömer T. 2001. Diversidad y distribución de epifitas en los alrededores del campamento rio Eslabon y la laguna Chalalán. Parque Nacional Madidi. Dpto. La paz. Bolivia. Revista de la sociedad Boliviana de Botánica. 3(1/2)-. 1004-123.
- Acebey A; Gradstein R y Krömer T. 2003. Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. Journal of Tropical Ecology 19:9–18.
- Aguirre J y Rangel O. 2007. Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia. Una aproximación inicial. Caldasia 29(2):235-262.
- Aguirre J. 2008. Diversidad y riqueza de musgos y líquenes en Colombia- Generalidades y metodología-. In O. Rangel-Ch (Ed.). Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia (pp. 1-17). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.

- Bernal R. Gradstein S.R y M. Celis (Eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. catalogoplantascolombia.unal.edu.co
- Campos L. Steege H. y Uribe J. 2015. Los briófitos epífitos de la región amazónica de Colombia. *Caldasia* 37(1):47-59.
- Campos L. 2016 Diversity of epiphytic bryophytes of the Colombian Amazon (Tesis de doctorado) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia
- Cornelissen J. y Steege H. 1989. Distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in dry evergreen forest of Guyana. *Journal of Tropical Ecology*, 5, pp 131-150
- Churchill S y Linares E. 1995. *Prodromus Bryologiae Novo Granatensis*. Introducción a la Flora de Musgos de Colombia. Parte I y parte II Colombia. Editora Guadalupe Ltda.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena y Fundación Biocolombia SAy S. 2012. Formulación del ajuste al plan de manejo de la reserva forestal protectora de Buena Vista.
- Frahm J. 1985. The ecological significance of the costal anatomy in the genus *Campylopus*. *Abst. Bot.* 9, suppl. 2: 159-169.
- Fotosíntesis 2012. Proyecto Oleoducto Bicentenario. Guía ilustrada de las plantas epífitos del tramo Arguaney-Banadía. Bogotá Colombia. 116 pp.

- Gradstein R. 1992. The vanishing tropical rain forest as an environment for bryophytes and lichens. Pp. 234-258 in J.W. Bates and A.R. Farmer, eds. *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*. Clarendon Press, Oxford, U.K.
- Gradstein S. 1996. Corticolous bryophytes. Pp. 63-65 in S.R. Gradstein et al., eds. *How to Sample the Epiphytic Diversity of Tropical Rain Forests*. *Ecotropica* 2.
- Gradstein S; Griffin D; Morales M. y Nadkarni N.M. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia* 23: 203-212.
- Gradstein S; Nadkarni. N; Krömer. T; Holz. I. y Nöske. N. 2003. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity in tropical rain forests. *Selbyana*. 24: 105-111.
- Gradstein, S y Ilkiu-Borges, A. 2009. Guide to the plants of Central French Guiana. Part IV. Liverworts and hornworts. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 76(4): 1-140.
- Gradstein R. y Uribe J. 2011. Sinopsis de la familia Frullaniaceae (Marchantiophyta) para Colombia. *Caldasia* 33 (2): 367-396.
- Gradstein R. 2016. The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 104-136.

- Gehrig D; Obregon A; Bendix J y Gradstein R. 2013. Diversity and vertical distribution of epiphytic liverworts in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Journal of Bryology* 2013 VOL. 35 NO. 4
- Gil J. y Morales M. 2013. Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá. Colombia. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.* ISSN-0034-7744) Vol. 62 (2): 719-727.
- Glime, J. 2006. *Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology.* Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Goda S. 2009a. Epiphytic bryophytes in natural forests and cacao agroforests of Central Sulawesi. Indonesia. Microclimate determines community composition but not richness of epiphytic understorey bryophytes of rainforest and cacao agroforests in Indonesia. Georg-August-Universität Göttingen. Biodiversity and Ecology Series B. Volume 3. Chapter 2
- Goda S. 2009b. Epiphytic bryophytes in natural forests and cacao agroforests of Central Sulawesi. Indonesia. Epiphytic bryophyte diversity on understorey and canopy trees in rainforest sites in Central Sulawesi. Indonesia. Georg-August-Universität Göttingen. Biodiversity and Ecology Series B. Volume 3. Chapter 1.
- Hoffman R y Kazmierski S 1969. An Ecologic Study of Epiphytic Bryophytes and Lichens on *Pseudotsuga menziesii* on the Olympic Peninsula, Washington. I. A Description of the Vegetation. *The Bryologist*, Vol. 72, No. 1 pp. 1-19

- Holdridge L.; Grenke W; Hatheway H; Liang T y Tosi J. 1971. Forest environments in tropical life zones, a pilot study. Pergamon Press, Oxford. P. 747.
- Holz I; Gradstein R; Heinrichs J y Kappelle M. 2001. Bryophyte diversity. Microhabitat differentiation and distribution of life forms in Costa Rican upper montane Quercus forest. *Bryologist* 105: 334-348.
- Holz I. y Gradstein R.. 2005. Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica-species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178, 89-109.
- Johansson D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Sueca*. 59. 136.
- Kessler, M. 2000. Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography* 27(2): 275-282
- Linares, E. y Uribe J. 2002 libro rojo de briófitos de Colombia, Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales–Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Meli P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia*. Vol. 28 N° 10 P. 581-589
- Morales E; Gil A; Díaz C; Alvarado V; Gil J.; Vargas D; Hernández L; Arias S; Sánchez L; Suárez L; Farfán J; Marquínez X; Vélez J y Muñoz D. 2012. Vida oculta. una muestra de la flora de Boyacá y Casanare – Colombia: Poliducto

Andino. Tunja: UPTC: Ecopetrol. 2012. 420 p: il. col – (Colección Investigación UPTC; No. 49)

- Moreno C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. My T-Manuales y Tesis SEA. vol. 1. Zaragoza. 84 pp.
- Mota S; Steege H; Cornelissen J. y Gradstein S. 2009. Niche assembly of epiphytic bryophyte communities in the Guianas: a regional Approach. *Journal of Biogeography* 36. 2076–2084.
- Mota S. y Steege H. 2013. Floristic overview of the epiphytic bryophytes of terra firme forest across the Amazon basin. *Acta Botanica Brasilica* 27(2):347-363.2013.
- Montfoort, D. & EK, R. C. 1990. Vertical distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in a lowland rain forest in French Guiana. Thesis, Institute of Systematic Botany, Utrecht, 61 pp. Peet, K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Perry. D. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. *Biotropica*. 10: 155-157.
- Proctor, M. C. F. 1984. Structure and ecological adaptation. In: Dyer, A. F. and Duckett, J. G. (eds.). *The Experimental Biology of Bryophytes*. Academic Press, London, pp 9-37.
- Quartermann E. 1949. Ecology of cedar glades, III. Corticolous bryophytes. *The Bryologist* 52: 153-165.

- Rangel J. 1995. Colombia Diversidad Biológica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Editora Guadalupe, Bogotá D.C., Colombia
- Rasmussen, L. 1975. The bryophytic epiphyte vegetation in the forest, Slotved Skov, Northern Jutland. J. Bryol. 8: 15-38.
- Rincón. J; Rangel J. y Aguirre. J. 2014. Musgos. líquenes. Helechos y afines de la Orinoquia Colombiana. En: Colombia diversidad Biótica XIV: musgos. Líquenes. Helechos. 419 -445.
- Romanski P; Pharo E. y Kirkpatrick J.2011. Epiphytic bryophytes and habitat variation in montane rainforest. Peru. The Bryologist. 114(4):720-731. 2011. The American Bryological and Lichenological Society. Inc.
- Romero C; Puts F.y Kitajima K. 2006. Ecophysiology in relation to exposure of pendant epiphytic bryophytes in the canopy of a tropical montane oak forest. Biotropica, 38(1), 35-41.
- Ruiz C. y Aguirre J.2004. Distribución de la brioflora en el gradiente vertical (suelo-dosel) y la selectividad de hábitats en Tarapacá (Amazonas. Colombia). Tropica Bryology 25: 81-96.
- Uribe J y Gradstein S. 1999. Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. 23 (87): 316-318.

- Villareal H; Alvarez M; Córdoba S; Escobar F; Fagua G; Gast F; Mendoza ; Ospina M. y Umaña M. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia. 236 p.
- Wolf, J. 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80(4):928-960

ANEXOS

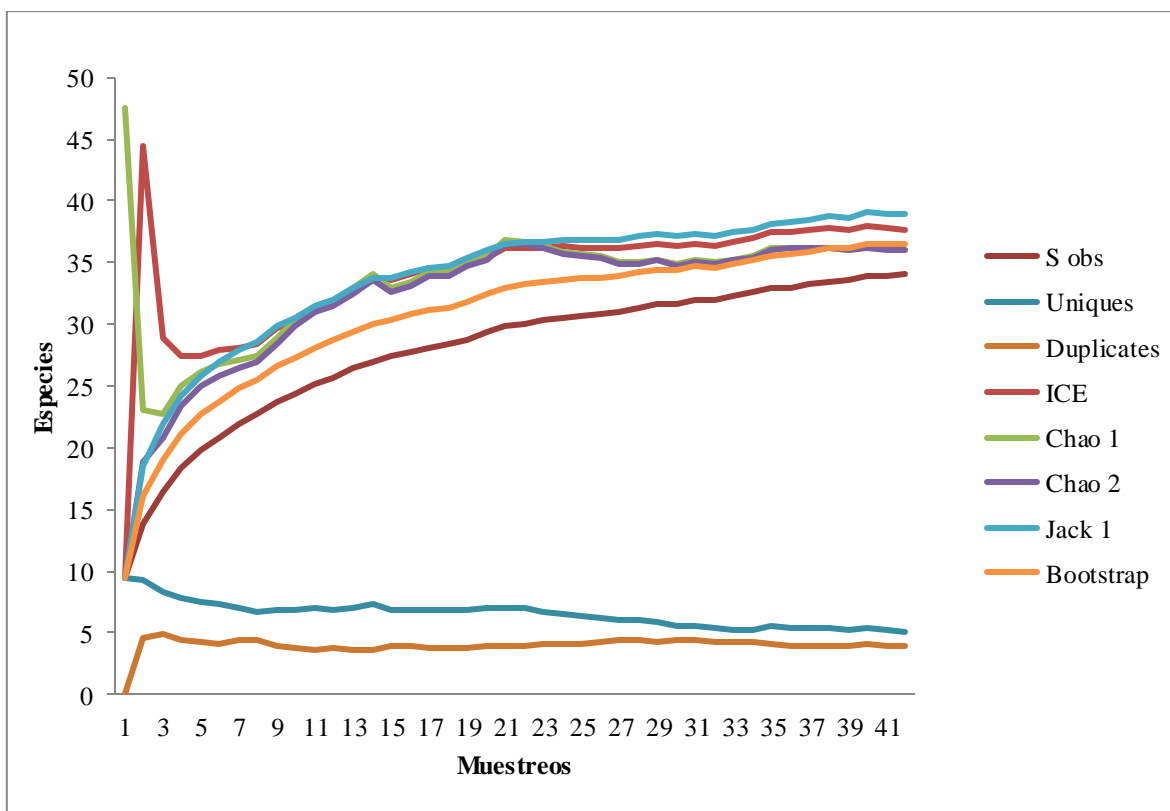


Figura 1. Curva de acumulación de especies de briófitos epífitos medidos en siete árboles.

Tabla 1. Registro de las familias, géneros y especies

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Calymperaceae	<i>Syrrhopodon</i>	<i>Syrrhopodon africanus</i> (Mitt.) Paris
		<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i> Dozy y Molk.
		<i>Syrrhopodon ligulatus</i> Mont.
		<i>Syrrhopodon prolifer</i> Schwägr.
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia</i>	<i>Calypogeia lechleri</i> (Steph.) Steph.
Dicranaceae	<i>Campylopus</i>	<i>Campylopus</i> sp
	<i>Leucobryum</i>	<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex Müll. Hal.
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i>	<i>Fissidens guianensis</i> Mont.
Frullaniaceae	<i>Frullania</i>	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi
		<i>Frullania caulisequa</i> (Ness) Ness.
Hypnaceae	<i>Rhacopilopsis</i>	<i>Rhacopilopsis trinitensis</i> (Müll. Hal.) E. Britton y Dixon
Lejeuneaceae	<i>Acrolejeunea</i>	<i>Acrolejeunea torulosa</i> (Lehm. y Lindenb.) Schiffn.
	<i>Ceratolejeunea</i>	<i>Ceratolejeunea cornuta</i> (Lindenb.) Steph.
		<i>Ceratolejeunea cubensis</i> (Mont.) Schiffn.
	<i>Cheilolejeunea</i>	<i>Cheilolejeunea rigidula</i> (Nees ex Mont.) R.M. Schust.
		<i>Cheilolejeunea trifaria</i> (Reinw., Blume y Nees) Mizut.
	<i>Cololejeunea</i>	<i>Cololejeunea jamesoni</i> (Austin) M.E. Reiner y Pócs.
	<i>Harpalejeunea</i>	<i>Harpalejeunea stricta</i> (Lindenb. y Gottsche) Steph.
	<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees
		<i>Lejeunea aphanes</i>
	<i>Microlejeunea</i>	<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Steph.
Lepidoziaceae	<i>Schiffneriolejeunea</i>	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i> (Nees) Gradst.
	<i>Symbiezidium</i>	<i>Symbiezidium barbiflarum</i> (Lindenb. y Gottsche) A. Evans
Lepidoziaceae	<i>Telaranea</i>	<i>Telaranea nematodes</i> (Gottsche ex Austin) M. Howe
Leucomiaceae	<i>Leucomium</i>	<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt.
Lophocoleaceae	<i>Kymatocalyx</i>	<i>Kymatocalyx dominicensis</i> (Spruce) Váňa
	<i>Leptoscyphus</i>	<i>Leptoscyphus porphyrius</i> (Nees) Grolle
	<i>Lophocolea</i>	<i>Lophocolea liebmanniana</i> Gottsche
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i>	<i>Metzgeria ciliata</i> Raddi
Octoblepharaceae	<i>Octoblepharum</i>	<i>Octoblepharum pulvinatum</i> (Dozy y Molk.) Mitt.
		<i>Plagiochila raddiana</i> Lindenb.
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i>	<i>Plagiochila montagnei</i> Nees
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton
		<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.

Tabla 2. Distribución de las especies de musgos y hepáticas en las cinco zonas.

Zona	Número de especies de Hepáticas	Número de especies de Musgos	Número total de especies	Número de Registros	Porcentaje de Registros	Número de especies restringidas
1	15	10	25	176	16,8	6
2a	13	8	21	178	17,0	0
2b	9	8	17	177	16,9	0
3	11	6	17	176	16,9	0
4	13	7	20	221	21,1	1
5	10	7	17	120	11,5	0

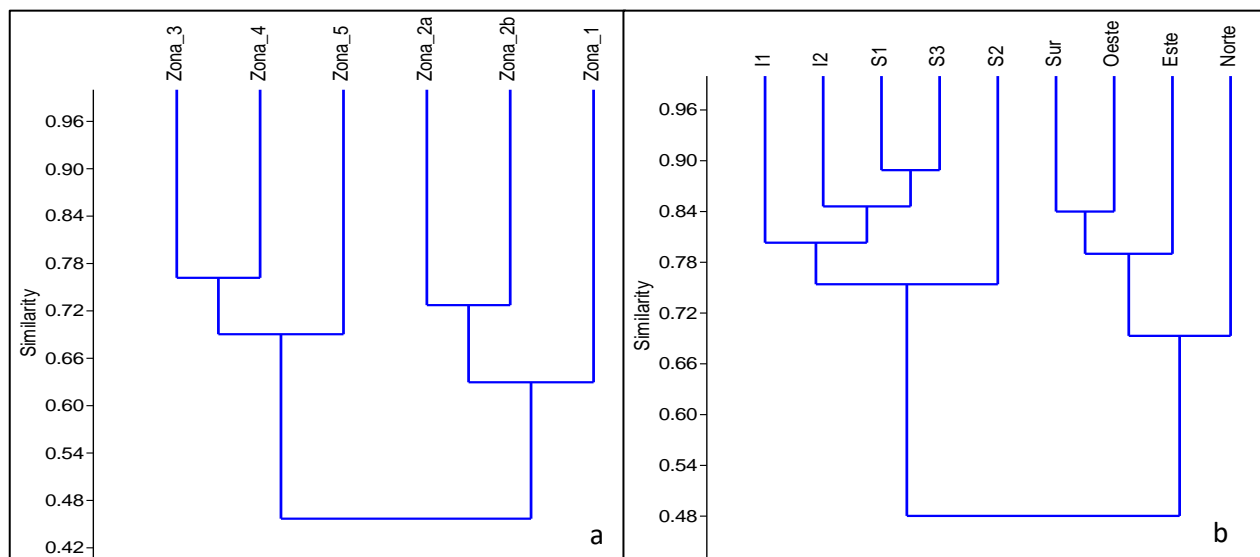


Figura 2. Dendrograma para las zonas (a) y para ubicaciones (b) según ausencia-presencia de especies usando el índice Jaccard.

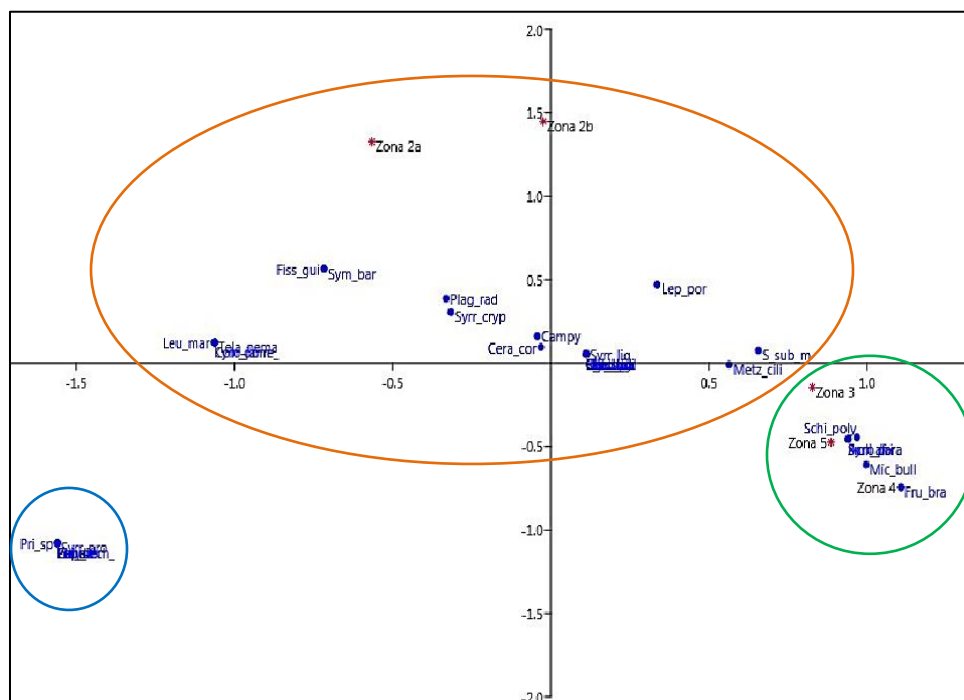


Figura 3. Análisis de correspondencia. Grupo 1 (círculo azul), grupo 2 (círculo verde) y grupo 3 (círculo rojo).

Tabla 4. Listado de la especies por grupo, especies especialistas de sombra, especialista de luz y especies generalistas. *especies exclusivas de la zona uno. + *Frullania brasiliensis* exclusiva a la zona cuatro.

Grupos	Especies
Especies especialistas de sombra	<i>Calypogeia lechleri</i> *
	<i>Cololejeunea jamesii</i>
	<i>Fissidens guianensis</i>
	<i>Kymatocalyx dominicensis</i>
	<i>Lejeunea aphanes</i> *
	<i>Leucobryum martianum</i>
	<i>Leucomium strumosum</i> *
	<i>Lophocolea liebmanniana</i> *
	<i>Plagiochila montagnei</i> *
	<i>Symbiezidium barbiflarum</i>
	<i>Syrrhopodon prolifer</i> *
	<i>Telaranea nematodes</i>
Especies especialistas de luz	<i>Acrolejeunea torulosa</i>
	<i>Frullania brasiliensis</i> +
	<i>Frullania caulisequa</i>
	<i>Microlejeunea bullata</i>
	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>
	<i>Syrrhopodon africanus</i>
Especies generalistas	<i>Ceratolejeunea cornuta</i>
	<i>Campylopus</i> sp
	<i>Ceratolejeunea cubensis</i>
	<i>Cheilolejeunea rigidula</i>
	<i>Cheilolejeunea trifaria</i>
	<i>Harpalejeunea stricta</i>
	<i>Lejeunea flava</i>
	<i>Leptoscyphus porphyrius</i>
	<i>Metzgeria ciliata</i>
	<i>Octoblepharum pulvinatum</i>
	<i>Plagiochila raddiana</i>
	<i>Rhacopilopsis trinitensis</i>
	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>
	<i>Sematophyllum subsimplex</i>
	<i>Syrrhopodon cryptocarpus</i>
	<i>Syrrhopodon ligulatus</i>